

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12	A	9018-2K		
	M	9018-2K		
C 0 8 L 101/00	L T B	7242-4 J		
C 3 0 B 25/02	Z	9040-4 G		
25/04		9040-4 G		

審査請求 未請求 請求項の数29(全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平5-38869	(71) 出願人	00005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
(22) 出願日	平成 5 年(1993) 2 月 26 日	(72) 発明者	辰浦 智 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平4-48961	(72) 発明者	外山 弥 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(32) 優先日	平 4 (1992) 3 月 6 日	(72) 発明者	本吉 勝貞 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	弁理士 宇井 正一 (外 3 名)
(31) 優先権主張番号	特願平4-52206		
(32) 優先日	平 4 (1992) 3 月 11 日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		
(31) 優先権主張番号	特願平4-158350		
(32) 優先日	平 4 (1992) 6 月 18 日		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

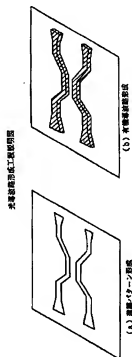
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光回路デバイス、その製造方法およびそれを用いた多層光回路

(57) 【要約】

【目的】 基板上に形成された有機膜を形成し、この有機膜に非線形光学特性を与えることにより、光回路デバイスを製造する。

【構成】 基板上に形成された有機膜を含み、前記膜が基板上の一部の領域に選択的に形成されているか、または前記膜が基板上の全部の領域に形成され、かつ、その膜の一部の領域が選択的に他の領域と異なる厚さに形成されているかまたは選択的に異なる構造を有するように、光回路デバイスを形成する。この光回路デバイスは、種々の構成をもって製造することができ、多層光回路を形成することもできる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された有機膜を含み、前記膜が基板上の一部の領域に選択的に形成されているか、または前記膜が基板上の全部の領域に形成され、かつ、その膜の一部の領域が選択的に他の領域と異なる厚さに形成されているかまたは選択的に異なる構造を有する、光回路デバイス。

【請求項 2】 前記有機膜が有機ポリマー膜、ポリシラン膜、有機低分子結晶膜または有機低分子/高分子複合体である請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 3】 前記有機ポリマー膜がポリアゾメチン、ポリメチルメタクリレート、ポリビニルカルバゾール、ポリカーボネートまたはポリスチレンをベースとするポリマー膜、カルボン酸の二無水物、カルボン酸の酸ハロゲン化基、 $-NCO$ 基および $-CHO$ 基から選ばれる 2 個以上の基を含む分子とアミノ基またはアミノプロトンを含む分子とを結合させて得られるポリマー膜、または 2 個以上のエポキシ基を含む分子とアミノ基またはアミノプロトンを含む分子とを結合させて得られるポリマー膜である請求項 2 記載の光回路デバイス。

【請求項 4】 前記有機膜が基板上に形成された有機または無機薄膜のパターン上に選択的に形成されたものである請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 5】 前記有機膜が基板上に形成された有機または無機薄膜のパターン上に選択的に他の領域より厚く形成されたものである請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 6】 前記有機膜が基板上に形成された有機または無機薄膜のパターン上を除く領域に選択的に形成されたものである請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 7】 前記有機膜が基板上に形成された有機または無機薄膜のパターン上に選択的に他の領域より薄く形成されたものである請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 8】 前記有機膜が基板上に形成された有機または無機薄膜のパターン上で選択的に異なる構造を有する請求項 1 記載の光回路デバイス。

【請求項 9】 基板上に種類の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜を形成し、前記少なくとも 2 種の有機または無機薄膜のうちの少なくとも 1 種の有機または無機薄膜をパターン化し、前記パターン化された有機または無機薄膜上に選択的に有機膜を形成することを含む光回路デバイスの製造方法。

【請求項 10】 基板上に種類の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜を形成し、

前記少なくとも 2 種の有機または無機薄膜のうちの少なくとも 1 種の有機または無機薄膜をパターン化し、前記パターン化された有機または無機薄膜上に選択的に他の領域より厚く有機膜を形成することを含む光回路デバイスの製造方法。

【請求項 11】 基板上に種類の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜を形成し、前記少なくとも 2 種の有機または無機薄膜のうちの少なくとも 1 種の有機または無機薄膜をパターン化し、前記パターン化された有機または無機薄膜上を除く領域に選択的に有機膜を形成することを含む光回路デバイスの製造方法。

【請求項 12】 基板上に種類の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜を形成し、前記少なくとも 2 種の有機または無機薄膜のうちの少なくとも 1 種の有機または無機薄膜をパターン化し、前記パターン化された有機または無機薄膜上に選択的に他の領域より薄く有機膜を形成することを含む光回路デバイスの製造方法。

【請求項 13】 基板上に種類の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも 2 種の有機もしくは無機薄膜を形成し、前記少なくとも 2 種の有機または無機薄膜のうちの少なくとも 1 種の有機または無機薄膜をパターン化し、前記パターン化された有機または無機薄膜上に選択的に構造の異なる有機膜を形成することを含む光回路デバイスの製造方法。

【請求項 14】 基板上に形成された有機膜を含み、前記膜が基板上の一部の領域に選択的に形成されているか、または前記膜が基板上の全部の領域に形成され、かつ、その膜の一部の領域が選択的に他の領域と異なる厚さに形成されているかまたは選択的に異なる構造を有する、導電性配線。

【請求項 15】 請求項 1 記載の光回路デバイスからなる光導波路を少なくとも一部に含む多層光回路。

【請求項 16】 光導波路が多層に形成され、上層の光導波路の少なくとも一部と下層の光導波路の少なくとも一部との間で光が移行する手段を有する請求項 3 記載の多層光回路。

【請求項 17】 基板上に形成された有機ポリマー膜からなる光導波路であって、前記有機ポリマー膜が気相成長によるポリマー膜からなるかまたはこれを主体とする光導波路。

【請求項 18】 基板上にパターン化した有機または無機薄膜を形成し、次いでこのパターン化薄膜上にポリイミド膜を選択的に配向気相成長させることを含む光導波路の製造方法。

【請求項 19】 ゲート、ソース電極およびドレイン電

極を具備し、ゲート絶縁膜とポリマー半導体膜とを有する薄膜トランジスタであって、ポリマー半導体がソース電極－ドレイン電極方向に配向していることを特徴とする薄膜トランジスタ。

【請求項 20】 基板上に少なくとも 1 対の電極を形成し、

前記電極間に電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、ポリマーの極性基を配向させることを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 21】 基板上に少なくとも 1 対の電極を形成し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、

前記電極間に電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成して極性基を配向させ、

前記電極間に印加された電圧を除去し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成することを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 22】 一方の電極が基板上にあり、他方の電極が基板上方にある少なくとも 1 対の電極を形成し、前記電極間に電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、ポリマーの極性基を配向させることを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 23】 一方の電極が基板上にあり、他方の電極が基板上方にある少なくとも 1 対の電極を形成し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、

前記電極間に電圧を印加しながらCVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成して極性基を配向させ、前記電極間に印加された電圧を除去し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成することを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 24】 基板上に、光導波路形成領域に沿って複数の対向電極を形成し、

前記複数の対向電極に順次電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成することを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 25】 基板上に複数の微細電極を形成し、前記微細電極のそれぞれに印加する電圧を制御して任意の電場パターンを形成しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成することを含む高分子 3 次元光導波路の製造方法。

【請求項 26】 基板上に少なくとも 1 対の電極を形成し、前記電極間に電圧を印加しながらCVD法によりポリマー膜を製造する際、前記基板上に予め配向膜を形成し、これにより前記ポリマー膜の分子鎖を配向させるかまたは極性基の配向を促進させることを含む有機

非線形光学材料の製造方法。

【請求項 27】 非線形光学材料を用いて形成された上下 1 対の光導波路よりなり、

上下の光導波路は分極の向きを互いに逆向きとし、電界印加による光導波路間での光の移行を行う上下導波路間光スイッチ。

【請求項 28】 非線形光学材料を用いて形成された上下 1 対の光導波路よりなり、

上下の光導波路は分極の向きを等しくし、かつ光導波路間に逆方向に弱く分極させた中間層を設け、電界印加による光導波路間での光の移行を行う上下導波路間光スイッチ。

【請求項 29】 バッパ導波路の上下に非線形光学材料を用いて光導波路を形成し、かつ上下の光導波路は分極の向きを互いに逆向きとし、1 対の電極による電界印加により前記バッパ導波路の光を上下任意の光導波路に移行させる上下導波路間光スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、有機膜を選択的に形成する方法とその有機膜の配向を選択的に制御する方法とに関する。また、光導波路、多層光回路、電気配線に関する。また、前記有機膜形成方法を使用して形成される光導波路、多層光回路、電気配線に関する。

【0002】

【従来の技術】 光導波路を形成する有機膜の製造方法としては、スピコート法を使用して基板上に有機膜を形成し、これを反応性イオンエッチング法等を使用してエッチングして光導波路の形状にパターンニングする方法が知られている。

【0003】 非線形光学材料をはじめとする有機機能材料の性能向上のためには、基板上に成長する有機膜の配向を制御することが必要であり、これまではラビング膜によりジアセチレン系薄膜の基板面内における配向制御が実現されている。

【0004】 光回路としては、計算機の光インターコネクション、光交換機をはじめ、各種の光システムにおいて重要な役割を果たしている。従来の光回路の一例を図 17 に示す。1 C 間を光導波路で結合し、信号伝達を行っている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 有機膜がスピコート法を使用して形成し、これをパターンニングして光導波路の形状に形成する場合には、パターン化された有機膜エッジ部の荒れによって光散乱がおりやすい。また、ミクロオーダーの厚さの有機膜のエッチング加工には時間がかかるなどの問題がある。

【0006】 光重合による導波路の形成は、光散乱の問題は少ないが、材料が限定され、また、分子配向制御が困難であるという問題がある。非線形光学導波路を形成

する場合、導波路を形成する分子の長軸方向を光の偏光方向に配向させることが望ましい。しかしながら、前記の従来の方法では分子の向きがランダムになるという問題がある。導電性有機材料を使用した電気配線を形成する場合も、配線内での分子の配向を揃えることが望ましい。延伸による配向化も考えられるが、下地基板が柔らかい場合に限られ、また、膜の欠陥を生じさせるおそれがあるなどデバイス化には適当な方法ではない。

【0007】さらに、光導波路と光・電子デバイスとを接合する場合、それらの間の密着性を高める必要があるが、従来の方では素子と導波路との間に隙間があきやすいという問題がある。

【0008】また、ラビング膜による配向製膜は、膜の平坦性などに問題があり、また、各種フォトリソグラフィの製造プロセスにメカニカルなラビング工程を入れること自体好ましいことではない。有機単結晶を基板に使用することによっても配向制御は可能であるが基板に著しい制約があるため実用的な集積デバイスへの適用は困難である。

【0009】また、光回路においては、ICの数が増加し、接続が複雑になると、導波路を頻繁に交差させる必要があるが、また、半導体レーザやフォトダイオードとのインターフェースをスムーズにとることが重要になる。さらに、導波路で光スイッチ、光変調機能を出そうとすると、非線形光学導波路の使用が必要になる。通常、非線形光学導波路は光の損失が大きいためスイッチングに必要な最小限の長さに加え、その他の部分は低損失のバッファ導波路で配線することが望ましく、光回路の多層化が望まれる。

【0010】本発明の目的は、これらの欠点を解消することにより、パターン化された光散乱の少ない有機膜の製造方法と有機膜の配向制御方法と多層化された光回路とを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、上記課題を解決するため、基板上に形成された有機膜を含み、前記膜が基板上の一部の領域に選択的に形成されているか、または前記膜が基板上の全部の領域に形成され、かつ、その膜の一部の領域が選択的に他の領域と異なる厚さに形成されているかまたは選択的に異なる構造を有する、光回路デバイスが提供される。

【0012】ここで、光回路デバイスの具体例は、光導波路、光スイッチ、光変調器、導波路レンズ、導波路グレーティング、ホログラム、分波器、光合波器、波長フィルタおよび光分枝デバイスである。かかる本発明の光回路デバイスは、下記の有機膜製造手段のいずれによっても形成することができる。

【0013】第1の手段は、基板上に有機または無機薄膜のパターンを形成し、このパターン上に選択的に有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第2の手段は、

基板上に有機または無機薄膜のパターンを形成し、このパターン上に選択的に他の領域より厚く有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第3の手段は、基板上に有機または無機薄膜のパターンを形成し、このパターン上を除く領域に選択的に有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第4の手段は、基板上に有機または無機薄膜のパターンを形成し、このパターン上に選択的に他の領域より薄く有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第5の手段は、基板上に有機または無機薄膜のパターンを形成し、このパターン上に選択的に構造の異なる有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第6の手段は、基板上に種類の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜を形成し、この少なくとも2種の有機または無機薄膜のうち少なくとも1種の有機または無機薄膜をパターン化し、このパターン化された有機または無機薄膜上に選択的に有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第7の手段は、基板上に種類の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜を形成し、この少なくとも2種の有機または無機薄膜のうち少なくとも1種の有機または無機薄膜をパターン化し、このパターン化された有機または無機薄膜上に選択的に他の領域より厚く有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第8の手段は、基板上に種類の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜を形成し、この少なくとも2種の有機または無機薄膜のうち少なくとも1種の有機または無機薄膜をパターン化し、このパターン化された有機または無機薄膜上を除く領域に選択的に有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第9の手段は、基板上に種類の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜を形成し、この少なくとも2種の有機または無機薄膜のうち少なくとも1種の有機または無機薄膜をパターン化し、このパターン化された有機または無機薄膜上に選択的に他の領域より薄く有機膜を形成する有機膜の製造方法である。第10の手段は、基板上に種類の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜または同種類であるが構造の異なる少なくとも2種の有機もしくは無機薄膜を形成し、この少なくとも2種の有機または無機薄膜のうち少なくとも1種の有機または無機薄膜をパターン化し、このパターン化された有機または無機薄膜上に選択的に構造の異なる有機膜を形成する有機膜の製造方法である。

【0014】前記の下地の有機または無機薄膜を気相成長法を使用して、飛沫原子または分子の方向に対して基板を $10 \sim 90^\circ$ 傾斜させて形成することによって有機膜を配向させることができる。なお、前記の気相成長法

は、蒸着法、スパッタリング法、MLD (molecular layer deposition) 法、MBD (molecular beam deposition) 法、MBE (molecular beam epitaxy) 法、イオンプレーティング法、または、クラスターイオン蒸着法であることが好ましい。また、前記の有機または無機薄膜の形成に引き続く液体中またはガス雰囲気中において表面処理するようにしてもよい。また、前記の無機薄膜は酸化シリコン膜であり、前記の有機膜はポリアゾメチン系材料やポリイミド系材料よりなることが好ましい。また、ポリマー膜をスピコンーティングにより製膜し、ラビング処理し、これをパターンニングしてもよい。逆に、パターン化した後ラビング処理してもよい。または、ポリマー膜上にパターン化したレジストを形成し、これをラビングして、ラビングがパターン部の部分だけ行われるようにしてもよい。

【0015】前記の有機膜の製造方法を使用して光導波路、光導波路・バッファ・クラッド層、導電性を有する配線を形成することができる。多層光回路は、前記の光導波路が多層に形成され、上層の光導波路の少なくとも一部と下層の光導波路の少なくとも一部との間で光が移行する手段を有する多層光回路によって達成される。なお、前記の光が移行する手段としては、方向性結合器を使用する方法、前記の上層および下層の光導波路の幅を導波光の進行方向に對し増加または減少させる方法、前記の光導波路の幅の増減をテーパ状にする方法、上層および/または下層の光導波路またはそれに接する層にグレーティング構造を形成する方法、前記のグレーティング構造の周期に分布をもたせる方法がある。また、光回路上部および/または下部に光および/または電子素子を装着することができる。

【0016】本発明の発明者等は、下地となるパターン化された有機または無機薄膜上に、有機膜を選択的に成長するかもしくは選択的に成長しないこと、または、他の領域より厚くもしくは薄く成長すること、または、他の領域と異なった構造に成長することを実験により確認した。

【0017】また、気相成長時に飛来する分子や原子に対して基板を傾けて下地となる有機または無機薄膜を形成すれば、その上に成長する有機膜は配向することを実験により確認した。また、ラビング膜をパターン化することによっても選択配向が可能なことを見出した。

【0018】本発明は、これらの実験結果を応用したものである。

【0019】以下、図面を参照して、上記本発明の実施例に係る有機膜の製造方法及び多層光回路について説明する。

【0020】第1実施例

図1・図2参照

SiO_2 を蒸着源とする電子ビーム蒸着法を使用して、

シリコン基板上に $10\text{\AA} \sim 10\text{\mu m}$ 厚の酸化シリコン薄膜を形成し、これをパターンニングして図1(a)に示すように導波路の形状に形成する。導波路以外の領域はシリコン基板が露出していてもよく、あるいは、図2(a)に示すように窒化シリコンなどの膜が露出していてもよい。

【0021】図12参照

次いで、図12に示す有機膜製膜装置を使用して有機膜を形成する。原料としてテラフルタルアルデヒド (TPA) とパラフェニレンジアミン (PPDA) とを供給し、基板温度を 25°C にしてポリアゾメチン膜を成長すると、ポリアゾメチン膜は酸化シリコン薄膜上に選択的に成長し、パターンニングすることなく図1(b)、図2(b)に示す光導波路が形成される。

【0022】第2実施例

図3・図4参照

酸化シリコン薄膜を斜め蒸着する例について説明する。例えば、蒸着分子の飛来方向に対して基板を例えば x 軸の方向に約 80° 傾けて酸化シリコン薄膜を形成し、これをパターンニングして、図3(a)に示すように、導波路の形状に形成する。蒸着時の真空度は例えば $10^{-6} \sim 10^{-4}$ Torr、基板温度は 25°C 、成長膜厚は $10\text{\AA} \sim 10\text{\mu m}$ 程度である。なお、導波路以外の領域はシリコン基板が露出していてもよく、あるいは、図4(a)に示すように、窒化シリコン等他の種類の薄膜が露出していてもよい。あるいは、導波路以外の領域において基板を傾けずに垂直蒸着した酸化シリコン膜を露出させておいてもよい。第1実施例と同様に、TPAとPPDAとを使用して基板温度 25°C でポリアゾメチン薄膜を製膜する。この結果、図3(b)、図4(b)に示すように、分子の向きがほぼ x 軸方向に配向した導波路が形成される。特に、垂直蒸着酸化シリコン膜を導波路パターン以外の領域に形成する場合には、図4(b)に示すように、導波路部ではほぼ x 軸配向したポリマー膜が形成され、その他の部分ではランダム配向または垂直配向のポリマー膜が形成される。

【0023】通常、ポリマー鎖の方向に偏光した光に対する屈折率は、ポリマー鎖と垂直の方向に偏光した光に対する屈折率よりも大きい。したがって、自動的に側面が埋め込まれたTモード光に対する導波路が形成される。この方法によって、プレーナー処理なしにほぼ平坦な層が得られる。なお、基板にシリコンでなくガラスや石英基板を使用した場合、パターン化した酸化シリコン薄膜以外の領域に特に酸化シリコン膜を形成しなくてもランダム配向の膜が形成される。逆に、導波路パターン以外の部分を、導波路の長さ方向に基板を傾けて斜め蒸着膜を形成すると、その部分の屈折率が小さくなり、導波路が形成される。

【0024】また、 y 方向に傾けて作製した SiO_2 膜の上に x 方向に傾けて作製した SiO_2 膜をパターン化

すると、互いに直交する方向にポリマー鎖が配向してパターンが選択的にできる。また、傾ける方向はx-y軸方向に限定されず、任意の方向でよいことは言うまでもない。

【0025】非線形光学導波路の場合、配向性は特性に大きな影響を及ぼす。例えば、all-optical デバイスを構成する3次非線形光学導波路を考えると、導波路内の分子が偏光方向に揃うことが望ましい。第2実施例はこの面から有効である。

【0026】第3実施例

図5参照

スラブ型光学導波路内にレンズ、プリズム、グレーティング等の光学素子を形成した例を図5に示す。選択的な配向成長により、従来のようなエッチング、他材料による埋め込みプロセスを必要とすることなくプレーナースラブ導波路に種々の光学素子を形成することができる。

【0027】第4実施例

図6・図7参照

図は波長と光吸収との関係を、入射光偏光方向とx軸（ここでは基板傾斜方向）とのなす角 ϕ （図6（a）参照）を 0° 、 45° 、 90° とした場合についてそれぞれ示したグラフであり、図6（b）は基板の傾き角を 0° とし、図6（c）は 30° とし、また、図7（a）は基板の傾き角を 60° とし、図7（b）は 80° としてそれぞれ酸化シリコン薄膜を蒸着し、その上に有機膜を形成した場合の光吸収を示す。

【0028】このように膜の異方性が基板の傾き角を大きくするにしたがって増大するという効果を利用することにより、第1及び第2実施例において導波路パターン（または光学素子パターン）とそれ以外の領域とを酸化シリコンの斜め蒸着膜で形成することもできる。ただし、斜め蒸着時の基板傾き角を、導波路パターン（または光学素子パターン）とそれ以外の領域とで変えておく。例えば、x軸方向に基板を約 45° 傾けて形成した酸化シリコン薄膜を導波路（または光学素子パターン）に、また、x軸方向に約 30° 傾けて形成した酸化シリコン薄膜を導波路（または光学素子パターン）以外の領域に使用する。他の例として、x軸方向に基板を 70° 傾けて形成した酸化シリコン薄膜を導波路（または光学素子パターン）に、また、y軸方向に基板を 50° 傾けて形成した酸化シリコン薄膜を導波路（または光学素子パターン）以外の領域に使用する。これらにより、導波路コアと回りのクラッドとの屈折率を調整することができ、パターン境界での不連続性を抑制するとともに、導波路設計の自由度を向上させることができる。

【0029】第5実施例

図8参照

埋め込み型チャネル導波路の製造例を図8に示す。各バッファ層、クラッド層、及び、導波路層を酸化シリコン膜形成時の傾き角を制御することにより、コア、クラッド

が同一物質で形成された埋め込み型光学導波路を製造することができる。

【0030】第6実施例

図9・図10参照

種々の光素子（半導体レーザー、フォトダイオード等）や電子素子（IC等）を光学導波路と接続し、ハイブリッド化した例である。図9（a）に示すように、あらかじめ下地パターンを形成した後に、図9（b）に示すように、素子を形成し、次いで、図10に示すように、有機膜を堆積させて導波路を形成する。この場合、導波路のエッチングとその後の位置合わせ操作が不要で、光・電子素子との密着性の良い接続が実現できる。

【0031】以上、下地材料として主として酸化シリコン蒸着膜を例にとって説明したが、これに限定されるものではない。シリコンの熱酸化膜をパターン化してもよい。さらに、他の誘電体、1-10ジアミノデカン等の有機膜、LB膜、シランカップリング材等の表面吸着層、ラビング処理されたポリマー膜等、それらの上に成長する有機膜の構造に影響する材料であればすべて使用することができる。

【0032】また、TPAとPPDAとによるポリアゾメチン膜の形成を例にとって説明したが、その他、ポリメチルメタクリレート、ポリビニルカルボゾール、ポリカーボネート、ポリスチレン等をベースとしたポリマー膜、カルボン酸の2無水物（カルボニルオキシルカルボニル基）またはカルボン酸の酸ハロゲン化基または-NC O基または-CHO基の中から選ばれた2個以上の基を含む分子とアミノ基またはアミノプロトンをもつ以上を含む基または炭素数1~10のアルキルアミノ基またはシリル化されたアミノ基の中から選ばれた2個以上の基を有する分子とを結合させて作製したポリマー膜、2つ以上のエポキシ基を持つ分子とアミノ基またはアミノプロトンをもつ以上を含む基または炭素数1~10のアルキルアミノ基またはシリル化されたアミノ基の中から選ばれた2個以上の基を有する分子とを結合させて作製したポリマー膜、ポリシラン膜等導波路を通すような透明度の高いポリマーであり、下地の影響を受ける材料であれば何でもいい。また、ポリマー材料に限定されることなく、低分子結晶、低分子/高分子複合体等も同様に適用できる。

【0033】また、導波路材料としては、パッシブ導波路、電気光学（EO）効果等の2次の非線形光学効果や光カー効果等の3次の非線形光学効果を有する非線形光学導波路等がある。コア・クラッド・バッファの一部または全部が非線形光学材料であってもよい。

【0034】導電性による有機物質による電気配線を形成する場合にも、分子配向は重要である。この場合は、電流が流れる方向に分子の長軸方向を描くことが望ましい。第2実施例に示す方法を使用して、例えば、図11に示すように、配線パターンの作製が可能であ

る。

【0035】なお、本発明は、絶縁膜その他の有機膜のパターニング方法にも使用しうる汎用性のあるものである。

【0036】第7実施例

図13(a)参照

酸化シリコンを蒸発源として電子ビーム蒸着法により基板上に酸化シリコン薄膜を形成する場合の基板の傾きと飛来原子・分子の方向との関係を図13(a)に示す。

【0037】基板の傾き角を 70° （斜め蒸着）にした場合と 0° （垂直蒸着）にした場合とにおいて、基板上にそれぞれ酸化シリコン薄膜を蒸着形成する。蒸着時の真空度を約 10^{-4} Torrとし、基板温度を 25°C として膜厚 $1000\sim5000\text{\AA}$ の酸化シリコン薄膜を形成する。この上にTPAとPPDAとを使用してポリアゾメチン薄膜を製膜する。

【0038】図14・図6(a)・図16(a)参照

図6(a)に示すように、基板のx軸方向と偏光方向とのなす角を ϕ とし、ポリアゾメチン薄膜の光吸収の偏光依存性を測定した結果を図14に示す。垂直蒸着した酸化シリコン膜を使用した場合は、図14(b)に示すように、x軸方向の偏光($\phi=0^\circ$)に対する吸収とそれに垂直方向の偏光($\phi=90^\circ$)に対する吸収とはほぼ等しい。それに対し斜め蒸着した酸化シリコン膜を使用した場合は、図14(a)に示すように、x軸方向の偏光に対する吸収がそれと垂直方向の偏光に対する吸収に比べて数倍大きい。このことから、斜め蒸着の酸化シリコン薄膜を下地とすることにより、図16(a)に示すように、酸化シリコン蒸着時の基板の傾斜方向(x軸方向)にポリマー鎖が配向したことを示している。

【0039】図13(b)・図15・図16(b)参照
図13(b)に示すように、入射光と基板との角 θ を入射角とし、入射角 θ を変化させたときの光吸収の変化を図15に示す。 $\theta=0$ の時、すなわち、光(y軸と垂直方向)に偏光している。を垂直に入射させた時に比べて、入射角 θ をプラス側に变化させると吸収が増加し、 30° 付近で極大傾向を示す。また、入射角 θ をマイナス側に变化させると吸収は減少する。このことから、図16(b)に示すように、ポリマー主鎖の配向が基板面より数十度の傾き角をもって上方に伸び、かつ、x軸のマイナス側に向かって成長する場合があると云える。

【0040】上記のような効果を生ずるための条件は、前記の製膜条件に限定されるものではなく、また、スパッタリング、MBD、イオンプレーティング、クラスターイオン蒸着法等真空中における製膜法であれば、蒸着法に限られるものではない。

【0041】この方法により、ドナー、アクセプターの位置や供役層が制御された配向度の高い非線形光学材料の製膜をCVD(chemical vapor deposition)、MLD(molecular

layer deposition)等の気相成長法により有効に実行することができる。さらに、受光・発光材料、エレクトロクロミック・フォトリソミックEIL材料等、分子配列の制御を要する種々のフォトニクス材料の高機能化を行うことができる。

【0042】第8実施例

図18参照

図18に多層光回路の概念図を示す。この図にはバッファ層は省略されている。図18(a)は、第2層に形成したバンプ導波路で光を導波し、必要に応じて上部の非線形光学導波路に光の一部または全部を移行させ、変調をかけている。また、第2層にある配線をはけるため、第3層の導波路に光を移し、再度第2層に戻している。図18(b)は、第2層の光を第1層の非線形光学導波路に移し、方向性結合器によってスイッチングした後に第2層の配線に戻している。

【0043】図19・図20参照

多層光回路の断面図を図19・図20に示す。電気配線は、前記のように光導波路をよけながら形成されており、バッファ層と光導波路との界面、または、それらの層内部に形成されている。バッファ層と光導波路は層間絶縁の役割を果たす。半導体レーザ、フォトダイオード等の光素子は、図20に示すように、光回路基板の上面、下面、側面に装着される。

【0044】図9実施例

図21参照

発光・受光素子への光の出入りをスムーズにする例を図21に示す。発光・受光素子側に光導波路を形成しておき、これを密着させることにより光を出入りさせることができる。これにより、導波路のエッチングとその後の位置合わせ等煩雑な工程が不要になり、素子を置くだけで機能が発揮されることができる。導波路のコアのみならず、バッファ・クラッド層を形成することもできる。

【0045】第10実施例

図22・図23参照

具体的に層間の光移行をさせる例を図22に示す。例えば、バッファ層の一部をその周辺のバッファ層より高屈折率にする。これにより、光の移行が可能になる。具体的には、図23に示すように、酸化シリコンの斜め蒸着膜を下地としてバッファ層を成長させることにより、ポリマー膜を部分的に配向させることができる。導波路の幅方向に傾けて斜め蒸着した場合、TEモードの光に対して屈折率が大きくなる。したがって、この部分において光が移行する。導波路の長さ方向に傾けて斜め蒸着した場合は、TEモードの光に対して屈折率が小さくなる。したがって斜め蒸着していない部分において光が移行する。斜め蒸着の傾斜を変えることによって同様に屈折率制御が可能である。通常のフォトリソグラフィ法を使用して部分的に異なる材料を挿入し、光移行部分を形成することもできる。

【0046】第11実施例

図24・図25参照

導波路幅を変化させることによって光移行する例を図24・図25に示す。導波路幅をテーパー状に変化させることにより光移行が安定にできることが報告されている。

(91/4 高分子可能性講座/有機非線形光学材料の最新講演要旨 p48)。これを縦型にしたのが本実施例である。幅が広がっている部分では実効屈折率が増加するため、そちら側に光が移行しやすくなる。このようなパターンは通常のエッチングにより形成できる。また、図1・図2に示すような酸化シリコンの蒸着膜、斜め蒸着膜を下地としても形成できる。

【0047】さらに、導波路または隣接層にグレーティングを形成することによっても光移行は可能である。その際、チャージングを導入するより安定な移行ができる。導波路材料および/またはバッファ・クラッド材料としては、パッシブ導波路、電気光学(EO)効果等の2次の非線形光学効果や光力一効果等の3次の非線形光学効果を有する非線形光学材料等を使用することができる。特に、光移行部に非線形光学材料を使用すると、移行量、移行の有無を電気および/または光によりコントロールでき、光回路のフレキシビリティが増す。さらに、波長多重により、情報量の増加が図れる。その際、先に述べた導波路幅の変化、グレーティングのチャージング等は有効である。導波路幅の代わりに、導波路厚さ、バッファ層厚さを変えることによっても光移行の制御ができることは云々までもない。

【0048】図26参照

図26に入射光を第1層に、出力光を第2層に導波させたマトリックススイッチの例を示す。光の移行はクロスポイントにおける非線形光学材料への電圧印加または光照射によりコントロールされる。

【0049】第12実施例

図27・図28・図29参照

図27・図28に示すようにパターン化した基板を図29に示すようにy軸方向に傾斜させて(傾斜角 $\theta=45^\circ$) SiO_2 を800Å厚にEB(エレクトロンビーム)蒸着し、次に、第2実施例に示すように、TPA、PPDAを用いてポリアゾメチン膜を蒸着する。主軸方向はy軸方向(傾斜方向)に配向する傾向がある。パターンの形状とパターンの傾斜とによって主軸方向を自由に制御することができる。

【0050】図30・図31参照

45°傾斜させてポリアゾメチン膜を蒸着したときの光吸収スペクトルを図30に示す。垂直蒸着したときの光吸収スペクトル(図31参照)に比べて、2色性が約20倍大きくなっている。本発明の第2の特徴によれば、また基板上に形成された有機ポリマー膜からなる光導波路であって、前記有機ポリマー膜が気相成長によるポリマー膜からなるかまたはこれを主体としてなることを特

徴とする光導波路が提供される。

【0051】本発明において、上記気相成長によるポリマー膜は、蒸着重合により得られたものであるのが好ましく、ポリイミドからなるのがさらに好ましい。さらに、このポリイミドは部分フッ素化または全フッ素化されているのがよい。

【0052】本発明は、また、基板上にパターン化した有機または無機薄膜を形成し、次いでこのパターン化薄膜上にポリイミド膜を選択的に配向気相成長させることを含む光導波路の作製方法を提供する。

【0053】以下、実施例により、上記本発明を具体的に説明する。

【0054】図32は光導波路形成プロセスの一例を示す説明図である。以下においては、パターン化した薄膜として、 SiO_2 を蒸着膜とする電子ビーム(EB)蒸着膜を用いた場合を例にとって説明する。図33は、導波路パターンを酸化シリコンの斜め蒸着膜で形成するプロセスの例を示す説明図である。例えば、図32のようにy軸方向に基板を約45°傾けて形成した酸化シリコン薄膜を用いる。蒸着時の真空度は、例えば、 10^{-6} ~ 10^{-4} Torrであり、基板温度は25℃である。そして、これにより、膜厚10Å~10ミクロンの下地パターンをつくる。導波路パターン以外の部分には、 Si 表面、 Si 熱酸化膜表面、石英表面などが露出している。あるいは窒化シリコンなどの種類の薄膜の表面が露出している。あるいは、導波路パターン以外の部分において、基板を傾けずに形成した垂直蒸着酸化シリコン膜を露出させてもよい。あるいは、導波路パターン部とは別の方向に傾けて形成した酸化シリコン膜を露出させてもよい。この上に、例えば、無水ピロメリト酸(PMDA)と4,4'-ジアミノジフェニルエーテル(DE)を真空中に導入して気相反応させ(ガス圧は例えば 10^{-6} Torr~ 10^{-2} Torr)、基板温度50℃で基板にポリアミク酸を全面に堆積させると、酸化シリコンの上にy軸方向に配向したポリアミク酸膜が選択的に成長し、TE光(偏波面が面内方向にある光)に対する自動的に光導波路が形成される。さらに、これを20℃で1時間アニールすると、ポリイミド導波路となる。このプロセスによる光導波路の製造の具体例を図34に模式図として示す。この導波路において、0.63ミクロンのHe-Neレーザー(TE光)や近赤外LD光(TE光)の導波を確認した。

【0055】さらに、このプロセスを繰り返すことにより、多層導波路が容易に形成でき、縦型方向性結合器などの導波路デバイスを作製することができ、光インターコネクションなどにおける光回路基板の高集積化を図ることができる。また、スラブ型光導波路内に、レンズ、プリズム、グレーティングなど種々の光学素子、上記の如き選択的な配向成長により、従来のようなエッチングや他材料による埋め込みプロセスを行うことなく、形

成することができる。

【0056】さらに、各バフアー層、クラッド層、および導波路層を酸化シリコン層形成時の傾き角を制御することにより、コア、クラッドが同一物質で形成された埋め込み型光導波路を作製することができる。また、種々の光素子（半導体レーザー、フォトダイオードなど）や電子素子（ICなど）を光導波路と接続し、ハイブリッド化することもできる。例えば、予め下地パターンを形成した後、素子を設置し、次に有機膜を堆積させるのである。この場合、導波路のエッチングとその後の位置合わせ操作が不要で、光素子や電子素子との密着の良い接続が実現される（特願平4-48961号明細書参照）。

【0057】以上においては、下地材料として主として酸化シリコン蒸着膜を例にとり説明してきたが、これに限定されることはない。例えば、他の誘電体、1, 10-ジアミノデカンなどの有機膜、LB膜、シランカップリング材などの表面処理層、ラビング処理されたポリマー膜など、それらの上に成長する有機膜の構造に影響する膜や材料であれば何でもよいことができる。また、PMDA、DDEによるポリイミド膜を例にとり説明したが、他のポリイミド系材料、例えば、6FDA、PFDBによる部分フッ素化または全フッ素化されたポリイミド材料にも適用できることは言うまでもない。

【0058】図35は、エッチングによる光導波路形成プロセスの一例を示す説明図である。ポリイミドを蒸着重合で形成した後、フォトリソグラフィによりレジストパターンを作る。これをマスクとして酸素プラズマエッチングすると、導波路コア部分が得られる。ここで、コア形成前に予めスピコンコーディングや蒸着重合によりクラッド層を設け、コア形成後にスピコンコーディングや蒸着重合によりクラッド層をかぶせるとよい。クラッドの材料としては、コアと同系統のポリイミド系材料を用いるのが望ましいけれども、必ずしもそれに限定されるものではなく、コア部分より導波光に対する屈折率が低いものであればよい。

【0059】図36は、コア形成に際し、コアのポリマーの鎖を配向させた例を示す説明図である。光の進行方向またはそれに近い方向にポリマー鎖が配向するようにしておくと、ポリマーの吸収ロスを低下せしめることができるのである。これは、偏光方向がポリマー主鎖と垂直の方向にあるときに吸収が弱くなるためである。

【0060】図37は、導波路パターン領域以外の部分のポリマー鎖を、導波路に沿う方向またはそれに近い方向に配向させ、導波路パターン部ではランダム配向させた例を示す説明図である。これにより、TMおよびTEの両偏波に対し導波路パターン内の屈折率が大きくなり、導波路が形成される。

【0061】基板内で異なる配向性を有する領域を作ることできる。これにより、曲がり導波路を形成する

ことができる。例えば、下地の斜め蒸着膜形成を、基板の傾斜方向を変えながら複数の領域に行えばよい。

【0062】また、図38のように、コア部のポリマーを基板と垂直に配向形成すると、TMモードに対して常に屈折率が高くなるため、上記のように複数の領域に分割することなく、曲がり導波路を簡単に作製することができる。逆に、コア部以外の部分のポリマーを基板と垂直に配向形成しても、TEモードに対してコア部の屈折率が常に高くなるため、上記のように複数の領域に分割することなく、曲がり導波路を簡単に作製することができる。さらに、コアをランダム配向とし、その他の部分を水平配向にしても、TMモードに対して常に導波路として作用するようになる。

【0063】また、上記において、ポリイミドとして、フッ素化ポリイミドを使用することにより、可視領域、1.3 μm および 1.5 μm 帯での吸収ロスを低下せしめることができる。尚、上記ではポリイミドについて記述したが、ポリアゾメチンなどの他の材料も同様に本発明に有用である。本発明の第3の特徴によれば、またゲート（G）、ソース電極（S）およびドレイン電極（D）を具備し、ゲート絶縁膜とポリマー半導体膜とを有する薄膜トランジスタであって、ポリマー半導体がソース電極（S）-ドレイン電極（D）方向に配向していることを特徴とする薄膜トランジスタが提供される。

【0064】本発明のポリマー薄膜トランジスタにおいては、ポリマー半導体は、ソース電極とドレイン電極との間においてS-D方向に選択的に配向しているのが好ましい。

【0065】以下、実施例により、上記本発明を具体的に説明する。

【0066】図39は、TFTの構造の例を示す模式断面図である。図39において、(a)～(d)、(i) および (j) は逆スタガード構造TFTを示し、(e)～(h) はスタガード構造TFTを示す。(a) は、ゲート絶縁膜として酸化シリコンの斜め蒸着膜2を形成し、その上にポリアゾメチン膜3を作製した例である。例えば、図40に示すように、基板をy軸方向に約45°傾斜させた状態で酸化シリコンを蒸着することにより1000～5000Åの厚さでゲート絶縁膜を形成し、次いでその上にテラフルアルデヒド（TPA）とペラフェニレンジアミン（PPDA）を原料として用い、CVDによりポリアゾメチン膜を気相成長させてポリマー半導体膜とするのである。このように、S-D間の電流方向（y軸）に沿って基板を傾斜させ、蒸着膜を形成すると、S-D方向に配向した共役ポリマー（ポリマー半導体）膜が得られる。この結果、S-D方向のモビリティが向上し、良好なTFTが形成できる。ポリマーの配向度は基板の傾斜角で制御可能であり、S-D方向およびそれと垂直な方向のモビリティを調整することも可能

である。

【0067】(b)は、上記と同様にして、誘電体からなるゲート絶縁膜4上に50〜2000Åの厚さの誘電体の斜め蒸着膜2を形成し、その上に共役ポリマー膜3を形成してポリマーの配向を制御した例である。(c)および(d)は、SおよびDをポリマー半導体と絶縁体との界面に形成した例である。この場合、S-D間の領域においてポリマーが選択的に配向する。

【0068】(i)に示す例では、基板1上にゲートを形成後、上記と同様にして、斜め蒸着膜2(例えばSiO₂膜)を形成し、次いでCVD気相成長によりポリイミド膜5(1000〜5000Å)およびポリアゾメチン膜3(100〜3000Å)を順次に形成する。これにより、配向が履歴し、ポリイミドゲート絶縁膜およびポリアゾメチンポリマー半導体膜ともに配向する。

【0069】(j)では、同様にして、基板1上にゲートを形成後、斜め蒸着膜2を形成し、次にポリイミド膜5(1000〜5000Å)を形成し、さらにSおよびDを形成後、ポリアゾメチン膜3(100〜3000Å)を形成する。これにより、S-D間の領域においてポリアゾメチンが選択的に配向する。

【0070】(e)は、基板1上に斜め蒸着膜2を形成し、次いでSおよびDを形成後、ポリアゾメチン膜3を形成し、次にポリイミドまたは窒化珪素からなるゲート絶縁膜4を形成し、その上にGを形成した例である。一方、(f)は、基板1上に斜め蒸着膜2を形成し、次いでポリアゾメチン膜3を形成後、その上にSおよびDを形成し、次にポリイミドまたは窒化珪素からなるゲート絶縁膜4を形成し、そしてその上にGを形成した例である。(e)ではS-D間の領域においてポリマー半導体の選択配向が得られ、(f)では全面でのポリマー半導体の配向が得られる。

【0071】(g)および(h)は、基板自体に配向性を持たせた例であり、基板6として延伸ポリマーからなる基板やラビング処理をしたポリマーからなる基板等を用いることができる。あるいは、ガラスプレート上にポリマー膜を形成後ラビング処理した如きものであってもよい。あるいはゲートポリマー絶縁膜を形成後、これをラビングし、次いでポリマー半導体膜を形成してもよい。

【0072】上記の例において、斜め蒸着膜の代わりに配向処理した有機膜(ラビング膜など)を用いてもよい。また、ポリマー半導体膜として、ポリチオフェン、ポリシランなどの共役ポリマーの蒸着膜を用いてもよい。

【0073】ゲート絶縁膜としても、他に、例えば、ポリメチルメタクリレート、ポリビニルカルバゾール、ポリカーボネート、ポリスチレンなどをベースとしたポリマー膜、カルボン酸の2無水物(カルボニルオキシカルボニル基)またはカルボン酸のハロゲン化基または-N

CO基または-CHO基の中から選ばれた2個以上の基を含む分子と、アミノ基またはアミノプロトンをもつ1つ以上含む基または炭素数1〜10のアルキルアミノ基またはシリル化されたアミノ基の中から選ばれた2個以上の基を有する分子とを結合させて作製したポリマー膜、2つ以上のエポキシ基を持つ分子と、アミノ基またはアミノプロトンをもつ1つ以上含む基または炭素数1〜10のアルキルアミノ基またはシリル化されたアミノ基の中から選ばれた2個以上の基を有する分子とを結合させて作製したポリマー膜、ポリシロキサン膜などを広い範囲で選択して用いることができる。

【0074】また、ゲート絶縁膜の材料は、ポリマー材料に限定されることなく、低分子結晶や低分子/高分子複合体などを用いることもできる。本発明の第4の特徴によれば、また、下記のように、高分子3次元光導波路の製造のための手段が提供される。第1の手段は、基板上に少なくとも1対の電極を形成し、この電極間に電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、ポリマーの極性基を配向させる高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0075】第2の手段は、基板上に少なくとも1対の電極を形成し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜(4)を形成し、次に、前記の電極間に電圧を印加しながらCVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成して極性基を配向させ、次に、前記の電極(3)間に印加された電圧を除去し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜(4)を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0076】第3の手段は、一方の電極が基板上にあり、他方の電極が基板上方にある少なくとも1対の電極を形成し、この電極間に電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜(4)を形成し、ポリマーの極性基を配向させる高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0077】第4の手段は、一方の電極が基板上にあり、他方の電極が基板上方にある少なくとも1対の電極を形成し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成し、次に、前記の電極間に電圧を印加しながらCVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成して極性基を配向させ、次に、前記の電極間に印加された電圧を除去し、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0078】第5の手段は、第1、第2、第3、または、第4の手段において、前記の電極間に印加する電圧の大きさを連続的に変化させ、光導波路の屈折率を垂直方向に連続的に変化させる高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0079】第6の手段は、第1、第3、または、第5の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を使用して形

成された光導波路上にパツファ層を形成し、このパツファ層上に第1、第3、または、第5の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を使用して再び光導波路を形成する工程を繰り返して多層光導波路を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0080】第7の手段は、第2、第4、または、第5の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を繰り返して多層光導波路を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0081】第8の手段は、基板上に、光導波路形成領域に沿って複数の対向電極を形成し、この複数の対向電極に順次電圧を印加しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0082】第9の手段は、第8の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を繰り返して多層光導波路を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0083】第10の手段は、基板上に複数の微細電極を形成し、この微細電極のそれぞれに印加する電圧を制御して任意の電場パターンを形成しながら、CVD法を使用して極性基を含むポリマー薄膜を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0084】第11の手段は、第10の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を繰り返して多層光導波路を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0085】第12の手段は、第8または第10の手段の高分子3次元光導波路の製造方法において、対向電極の一方を基板上方に配設する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0086】第13の手段は、第12の手段の高分子3次元光導波路の製造方法を繰り返して多層光導波路を形成する高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0087】第14の手段は、第8、第9、第10、第11、第12、または、第13の手段の高分子3次元光導波路の製造方法において、印加電圧の大きさを連続的に変化させ、光導波路の屈折率を垂直方向に連続的に変化させる高分子3次元光導波路の製造方法である。

【0088】近年、CVD法を使用してポリマー原料を蒸着重合させてポリマー薄膜を形成する方法が開発された。この方法には下記の特長がある。

(1) 不純物の少ない膜が得られるため、膜本来の機能(絶縁性等)が高まる。

(2) 製膜時に溶媒を使用しないので、溶媒分子の膜内への残留が防げる。

(3) ドライブプロセスであるため、半導体製造工程において全工程を真空中で実施できる。

【0089】現在までにCVD法による製膜が可能な分子としては、ポリイミド、ポリアミド、ポリアゾメチン、ポリウレア等が判明しているが、脂肪酸アミンとエポキシとの反応によるエポキシ系(一次元または三次

元)ポリマーの製膜も可能になっている。

【0090】本発明の発明者らは、このCVD法によるポリマー膜の製膜方法を使用して製膜と同時に光導波路を形成することができれば本発明の目的は達成されとの着想のもとに研究を重ねた結果、基板上に形成した電極間に電場を印加しながらCVD法を使用して極性基を含むポリマー膜を製膜すると、電場が印加されている領域のポリマー膜の極性基が配向して屈折率が他の領域と異なることを見出した。本発明はこの研究結果を応用したものである。

【0091】基板上に形成された電極間に電場を印加しながらポリマー膜を製膜すると、上下方向においては空気-ポリマー膜-基板の相互間の屈折率の相異により、また、横方向においては極性基の配向による屈折率の相異により光が閉じ込められる。

【0092】また、基板上に形成された電極上にポリマー膜を製膜するとき、初めは電場を印加しないで任意の厚さにポリマー膜を形成し、その上に電場を印加して任意の厚さに極性基を配向させたポリマー膜を形成し、さらにその上に電場を印加しないで任意の厚さにポリマー膜を形成すれば、上下方向も横方向もポリマーの屈折率変化で光が閉じ込められ、完全な埋め込み型導波路が形成される。

【0093】なお、導波路型光制御デバイスにおいては単一モード導波路が望まれる。それには上下左右が対称で導波路部分の屈折率変化が適度であることが理想的である。しかし多くの埋め込み型導波路では上部を基板と異なるパツファ層で覆うため、完全な上下対称とはならない。本発明の製造方法を使用すれば上下左右とも完全対称な構造が実現でき、理想的な導波路を形成することができる。

【0094】また、極性基の配向を利用して導波路を形成しているため、導波路内では光の閉じ込めとともに非線形光学効果が生まれるので光変調器として利用することが可能である。

【0095】さらにまた、電極間に印加する電圧の大きさを変化させれば、分子の配向度、つまり屈折率の変化をコントロールできるため、導波路設計に極めて有利である。なお、多層化することによって種々の光デバイスを形成することもできる。

【0096】以下、図面を参照して、上記本発明の実施例に係る高分子3次元光導波路の製造方法について説明する。

【0097】第1実施例

図41参照

シリコン基板11上にパツファ層としてシリコン酸化膜12を形成し、その上にアルミニウム膜を1000Å厚に形成してパターンニングし、10μmの間隔をもって対向する1対のアルミニウム電極13を形成する。

【0098】CVD装置のセルにジメチルアミノニ

トロピジン (AEANP) とテトラメチルピフェニルエポキシ (TMBE) とを別々に入れて加熱蒸発させ、下記の条件でバフファ層 2 上にポリマー膜 14 を形成する。

【0109】基板温度	32℃
ガス圧	2~3.5 × 10 ⁻⁶ Torr
蒸着レート	3~5 Å/s
蒸着時間	2 時間
膜厚	2 μm
電極間に印加する電圧	200V (0.2 MV/cm)
セル温度	AEANP: 70~72℃, B E: 100~105℃

【0100】図 42 参照
この結果、電極 13 に挟まれた領域のポリマー膜 14 は配向し、3 次元導波路 15 が形成される。

【0101】第 2 実施例

図 43 参照

ノンドープのシリコン基板 11 上にアルミニウム膜を 1000 Å 厚に形成してパターニングし、10 μm の間隔をもって対向する 1 対の電極 13 を形成する。次いで、基板温度、ガス圧、蒸着レート、セル温度の条件で第 1 実施例と同一にしてポリマー膜 14 を形成する。

【0102】その際、最初の 30 分間は、同図 (a) に示すように、電極間に電圧を印加することなく 0.5 μm の厚さにポリマー膜 14 を形成する。次の 60 分間は、同図 (b) に示すように、200V (0.2 MV/cm) の電圧を印加して 1.0 μm の厚さにポリマー膜 14 を形成する。ポリマー膜 14 は電極に挟まれた領域において分子が配向する。

【0103】次の 30 分間は、同図 (c) に示すように、再び電圧を印加することなく 0.5 μm の厚さにポリマー膜 14 を形成する。その結果、同図 (d) に示すように、上下左右がポリマー膜 14 に囲まれた埋め込み型 3 次元導波路 15 が形成される。

【0104】前記 2 種類の導波路に劈開面への直接結合により He-Ne レーザ光の導波を試験した。その結果、スクリーン上に明瞭な導波光が観測され、3 次元光導波路が形成されたことが確認された。また、第 2 実施例の導波光は第 1 実施例のそれと比べてモード数が著しく減少しており、埋め込み型導波路の形成とその効果とが確認された。また、第 1 実施例の導波路について Mach-Zehnder 干渉計により電気光学効果を測定した結果、電気光学定数 r_{11} として 0.1 pm/V が観測され、この導波路が光変調器としても利用可能であることが確認された。

【0105】第 3 実施例

図 44 参照

第 1 実施例において、ポリマー膜成長中に電極 13 間に印加する電圧を 0 から徐々に増加させ再び徐々に 0 まで減少するようにすれば、導波路の屈折率を図 44 に示す

ように分布させることができる。

【0106】第 4 実施例

図 45 参照

第 2 実施例のポリマー膜成長工程を繰り返し実行することによって、多層導波路を形成することができる。この場合のポリマー膜の屈折率はポリマー膜成長方向に図 45 に示すように分布する。

【0107】第 5 実施例

図 46 参照

第 3 実施例のポリマー膜成長工程を繰り返し実行することによって、多層導波路を形成することができる。この場合のポリマー膜の屈折率はポリマー膜成長方向に図 46 に示すように分布する。

【0108】第 6 実施例

図 47、図 48 参照

第 1 実施例の工程を電極 13 の形状を変えて繰り返し実行することによって、図 47、図 48 (図 48 は図 47 の矢印 A 方向から見た側面図である。) に示すように、下層の導波路 16 と上層の導波路 17 との形状が異なる多層導波路を形成することができる。

【0109】第 7 実施例

図 49 参照

基板上に対向する電極を形成するのに代えて、図 9 に示すように、一方の電極 18 を基板上に、そして他方の電極 19 を基板 11 の上方に配設するようにしてもポリマー膜を配向させることができる。

【0110】図 8 実施例

図 50~54 参照

図の (a) は平面図であり、(b) は側面図である。

【0111】図 50 に示すように、対向する 1 対の電極 13 を導波路形成方向に沿って複数個に分割し、図 51 (a)、図 52 (a)、図 53 (a)、図 54 (a) に示すように順次電圧を印加する電極の位置をずらし、特に、図 52 (a) においては電圧を印加する電極を徐々に移動しながらポリマー膜を成長すると、図 51

(b)、図 52 (b)、図 53 (b)、図 54 (b) に示すように、基板上に成長するポリマー膜に上方に湾曲する導波路 16 が形成される。

【0112】図 55 参照

上記の工程を組み合わせたことによって図 15 に示すような方向性結合器を形成することができる。

【0113】第 9 実施例

図 56 参照

基板 11 上に微細電極 20 を配設し、対向する任意の電極間に電圧を印加しながらポリマー膜を成長することによって複雑な平面形状の導波路を形成することができ、また、電圧を印加する電極 20 の位置をポリマー膜成長中に徐々に移動させれば導波路を上方向に曲げて形成することができる。

【0114】微細電極への電圧印加方法としては、基板

上にTFT（薄膜トランジスタ）を配設し、その上に微細電極を形成し、IC等によりポリマー膜の成長と同期させてTFTを駆動し、任意の電極間に電圧を印加するようにすればよい。

【0115】 図5 7参照

この方法を使用して、図5 7に示す複合型光デバイスのような複雑な形状のものを製造することができる。

【0116】 第10実施例

第8・9実施例において、対向する微細電極の一方を第7実施例に示すように基板の上に配設するようにしてもよい。なお、この場合、基板上に形成する電極は微細化が困難な場合には一体に形成してもよい。本発明の第5の特徴によれば、また、基板上に少なくとも1対の電極を形成し、前記電極間に電圧を印加しながらCVD法によりポリマー膜を製造するに際して、前記基板上に予め配向膜を形成し、これにより前記ポリマー膜の分子鎖を配向させるかまたは極性基の配向を促進させることを含む有機非線形光学材料の製造方法が提供される。

【0117】 即ち、本発明によれば、ドライプロセスでポリマー膜を製膜し、しかもポリマー膜の製膜と導波路化とを1つの工程で実現することのできる高分子3次元光導波路の製造、特に任意の屈折率分布を有する光導波路、完全埋込み型光導波路、基板に垂直方向に変化する光導波路、さらにはこれらの多層構造からなる光導波路の製造が可能である。

【0118】 本発明の第4の特徴に関して前述した如く、基板に形成した電極間に電場を印加しながらCVD法を利用してポリマー膜を製膜すると、極性分子が配向するので、極性基を有するポリマー鎖が配向される。一方、CVDによるポリマー膜の製膜に際して、基板上に配向膜が形成されていると、ポリマー鎖が配向される。しかして、本発明では、この電場アシストCVDによるポリマー膜の製造に際して、基板として配向膜の形成された基板を用いられる。

【0119】 電場アシストCVDにより配向されたポリマー膜を製造しようとする場合に、ポリマー鎖の向きと極性の向きが一致しなかったり、分子分極の大きさが小さかったり、あるいは印加電圧が十分かけられないといったケースでは、電場アシストCVDによりポリマー鎖を配向させて光導波路を得ることが困難な場合がある。この時、配向膜を用いればポリマー鎖が配向し、光導波路を形成することができるのである。

【0120】 また、配向膜によりポリマー鎖の向きを制御することで、印加電場による分子分極の配向効率を最適化することができ、その結果、ポリマー膜の非線形光学定数を向上させることができる。さらに、配向膜により、パッシブ導波路のパターンを形成し、その一部に電極を印化しながらCVD製膜することで、ポリマー非線形光学デバイスを一工程で形成することができる。

【0121】 本発明の方法によれば、さらに次の如き利

点が得られる。即ち、電場アシストCVDによるポリマー膜を製膜して光導波路を製造する場合には、光導波路の全体が非線形光学効果を有するものとなる。しかし、このとき、基板の所定部分のみに予め配向膜を形成しておき、この基板を用いて電場アシストCVDによるポリマー膜の形成を行うと、その部分にのみ非線形光学効果を有する導波路を得ることができるのである。また、電場アシストCVDによりポリマー非線形光学デバイスを製造しようとする、電場印加のために必要とする電極のパターンが複雑になり、デバイスの製造が困難になるという不都合がある。しかし、かかる場合に、基板上に予め配向膜を形成しておくことにより、電極パターンを単純化することができる、そのようなデバイスの製造が可能となる。

【0122】 以下、実施例により、上記本発明を具体的に説明する。

【0123】 第1実施例

図5 8に示す如く、Siウェハ31を熱酸化してSiO₂層32を形成し、その上に10μmの間隔をもつて対向する1対のA1電極33を形成した。これを45°傾けて配置し、CVD装置によりSiO₂の斜め蒸着膜を形成して配向膜とし、次いで電極上のSiO₂膜をリフトオフにより除去した。

【0124】 CVD装置のセルにオルトフタルアルデヒド(OPA)およびメキシフェニレンジアミン(MPDA)とを別々に入れて加熱蒸発させながら、下記の条件で電場アシストCVDを行った。

【0125】 基板温度	室温
ガス圧	1×10 ⁻³ Torr
蒸着レート	~5Å/sec
膜厚	1μm
印加電圧	20V (Max 0.2MV/cm)
セル温度	OPA: 45~55℃, MPDA: 60~70℃

また、SiO₂配向膜を形成しなかった以外は、上記と全く同様にして電場アシストCVDを行い、上記の試料と比較した。実験は全てHe-eNレーザを用いて行った。

【0126】 この結果、配向膜ありの場合には、チャネル導波路が形成され、電気光学効果はr~0.1pm/Vであった。一方、配向膜なしの場合には、スラブ型の導波路となり、チャネル導波路は形成されず、電気光学効果はr~0.03pm/Vであった。上記の結果から、配向膜の存在により分子が配向し、チャネル型導波路が形成され、また極性部分の配向度が増して電気光学効果が向上したことがわかる。

【0127】 第2実施例

第1実施例で用いたと同じSiO₂層付きSiウェハからなる基板上に、図5 9に示す如く、A1電極34を形成した。次いで、第1実施例と全く同様にして、SiO

2 斜め蒸着膜 35 を図示の形状に形成し、これを基板として用いて電場アシストCVDを行った。得られた膜は、Mach-Zehnder型スイッチングデバイス形成しており、電極間に6.5Vの電圧を印加したときに出射光の強度変化が観測された。このように、パッシブ光導波路36および非線形光導波路37を含むポリマ非線形光学デバイスが工程で形成できた。

【0128】本発明の第6の特徴によれば、さらに、非線形光学材料を用いて形成された上下1対の光導波路よりなり、上下の光導波路は分極の向きを互いに逆向きとし、電界印加による光導波路間で光の移行を行う上下導波路間光スイッチが提供される。

【0129】また、非線形光学材料を用いて形成された上下1対の光導波路よりなり、上下の光導波路は分極の向きを等しくし、かつ光導波路間に逆方向に弱く分極させた中間層を設け、電界印加による光導波路間で光の移行を行う上下導波路間光スイッチが提供される。また、パッシブ導波路の上下に非線形光学材料を用いて光導波路27、28を形成し、かつ上下の光導波路は分極の向きを互いに逆向きとし、1対の電極による電界印加により前記パッシブ導波路29の光を上下任意の光導波路に移行させる上下導波路間光スイッチが提供される。

【0130】また、本発明は、上記の少なくとも1つの上下導波路間光スイッチを用いて形成された多層導波路を含み、光の進行方向を平面内および層間で任意に制御される3次元光回路が提供される。この構成を採ることで上下導波路間で光を移行させることができる上下導波路間光スイッチ及び3次元光回路が得られる。

【0131】図60～62は本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図である。図60に示すものは、

(a) 図の如く、基板40上に、上下に平行で且つ矢印で示す分極方向が互いに異なる非線形光学材料の光導波路41、42と、1対の電極43、43'を設けたもので、上下の光導波路は(b)図の如く同じ大きさの屈折率を持っている。そして電極43、43'に電圧を印加し、光導波路41、42に電界をかけると電気光学効果により、(c)図の如く一方の光導波路41の屈折率は小さくなり、他方の光導波路22の屈折率は大きくなる。その結果両光導波路41、42は屈折率差が大きくなり、全て結合しなくなり、光路は(b)図の状態から(c)図の如くなる。

【0132】また、図61に示すものは、同図(a)の如く基板20上に、上下に平行で且つ矢印で示す分極方向が等しい非線形光学材料の光導波路24、25と、1対の電極23、23'を形成し、中間層26を光導波路24、25とは逆方向に弱く分極させたもので、上下の光導波路24、25及び中間層26は(b)図の如き屈折率となっている。そして電極23、23'に電圧を印加し、光導波路24、25及び中間層26に電界をかけると電気光学効果により(c)図の如く光導波路24、

25の屈折率は減少し、中間層26の屈折率は大きくなる。その結果ポテンシャルのバリアは低くなり、光路は(b)図の状態から(c)図の如くなる。

【0133】また、図62に示すものは、同図(a)の如く基板20上に、上下に平行で且つ矢印で示す分極方向が互いに異なる非線形光学材料の光導波路27、28と、1対の電極23、23'と、光導波路27、28の中間に配置されたパッシブ導波路29とを設けたもので、その光導波路27、28及びパッシブ導波路29の屈折率は(d)図の如くである。そして電極23、23'に電圧を印加しないときは(d)図の如く、光導波路27、28とパッシブ導波路29とは結合せず光はパッシブ導波路29内を導波される。

【0134】また、電極23、23'に正電圧印加時は(b)図の如く電気光学効果により上方の光導波路27の屈折率は減少し、下方の光導波路28の屈折率は増大し、この下方の光導波路28と中央のパッシブ導波路29で結合が生じ光は下方の光導波路28へ移行する。また逆電圧印加時は(c)図の如く電気光学効果により上方の光導波路27の屈折率は増大し、下方の光導波路28の屈折率は低下する。この結果上方の光導波路27と中央のパッシブ導波路で結合が生じ光はパッシブ導波路29から上方の光導波路27へ移行する。

【0135】図63は上記本発明の上下導波路間光スイッチの第1の実施例を示す図である。本実施例は基板(図示していない)として熱酸化Siを用い、その上にAlを蒸着し、エッチングにより10 μ mギャップのパターンを形成して電極とし、その上にCVD法により図63の如く上下に平行し、且つ矢印で示す方向に分極された光導波路21、22をポリマーを用いて形成したものである。

【0136】このように上下の光導波路で分極の向きを逆にすることは、ポリマーのガラス転移を利用した通常のポーリングでは不可能(上下を別々にポーリング出来ないため)であるが、本実施例では、電場印加の下でのCVD成膜を利用し、一層ずつ分極の向き、大きさを変えて光導波路を形成した。電場印加下でのCVD成膜では、分子配向がポリマー化と同時にわれ、そのまま固定されるので上方の光導波路21を形成するときには逆向きの電界を加えても下方の分極は反転しない。

【0137】CVD成膜に用いた分子は、モノマとして前述したAEANP(2-(2-アミノエチルアミノ)-5-ニトロピリジン)およびBE(テトラメチルピブエニルエボキシ)を用い、基板温度32℃、印加電圧800V(0.8MV/cm)でCVDにより前述した分子構造のAEANP/BEポリマーを得た。得られたポリマーの屈折率は1.7～、電気光学定数は ~ 5 pm/Vであった。

【0138】このように構成された本実施例において、光導波路21、22の断面が幅10 μ m、厚さ0.6 μ m

m、上下導波路間の間隔0.4 μm のとき、電極に10 V/ μm の電圧を印加したところ、図60で説明した原理により上下導波路間でのレーザ光の移行が確認された。

【0139】図64は本発明の上下導波路間光スイッチの第2の実施例を示す図である。本実施例の構成は前実施例とほぼ同様であり、異なるところは、上下の光導波路24、25の分極方向を同方向とし、かつ中間層を反対方向に弱く分極して形成したことである。本実施例において、光導波路24、25の断面が、幅10 μm 、厚さ0.6 μm 、中間層26の厚さ0.6 μm のとき、電極に8 V/ μm の電圧を印加したところ、図61で説明した原理により、上下の光導波路間でのレーザ光の移行が認められた。

【0140】図65は本発明の上下導波路間光スイッチの第3の実施例を示す図である。本実施例が第1の実施例と異なるところは上下の光導波路27、28間にパッシブ導波路29を設けたことである。なおパッシブ導波路は、カルコゲナイトガラス(As-S-Se-Ge系、屈折率 ~ 2.4)を電子ビームによりバタニングして作製した。

【0141】本実施例において、光導波路27、28及びパッシブ導波路の断面が、幅10 μm 、厚さ0.6 μm 、各導波路間の間隔0.4 μm のとき、電極に ± 15 V/ μm の電圧印加したところ、図62で説明した原理により上下の光導波路27、28へのレーザ光のスイッチングが確認された。

【0142】以上の第1～第3の実施例では、分極が同方向に揃ったタイプに比し80～90%の印加電圧でスイッチング動作を示した。また図65の第3の実施例のように、上下の光導波路への選択的なスイッチングは分極方向が同方向に揃ったタイプでは実現し得ないのは勿論である。

【0143】図66は本発明の3次元光回路の実施例を示す断面図である。本実施例は基板30の上にバンプ層31と高屈折率のポリマーからなる光導波路層32とを交互に積層し、その所要部に前述の第1～第3の実施例の光スイッチ33を配置して多層導波路を形成し、上部に発光、受光素子を備えたIC34を配置したものである。なお同一層内の光の移行のために従来公知の光スイッチを設ければ良い。

【0144】本実施例によれば、多層導波路で光を光スイッチ33により任意の方向に曲げて目的のIC端子(受光部)に導くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光導波路形成工程説明図である。

【図2】光導波路形成工程説明図である。

【図3】光導波路形成工程説明図である。

【図4】光導波路形成工程説明図である。

【図5】スラブ型導波路内の光学素子形成工程説明図である。

ある。

【図6】SiO₂ EB蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性を示すグラフである。

【図7】SiO₂ EB蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性を示すグラフである。

【図8】埋め込み型チャネル導波路の製造例である。

【図9】光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図である。

【図10】光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図である。

【図11】電気配線形成工程説明図である。

【図12】製膜装置の構成図である。

【図13】基板と蒸着ビーム入射方向・偏光方向・入射光方向との関係を示す図である。

【図14】ポリアゾメチン薄膜の光吸収の偏光依存性を示すグラフである。

【図15】試料への入射角と光吸収との関係を示すグラフである。

【図16】ポリマー鎖の配向方向を示す模式図である。

【図17】従来の光インターコネクションの構成図である。

【図18】多層光回路の概念図である。

【図19】多層光回路の断面図である。

【図20】多層光回路の断面図である。

【図21】多層光回路の断面図である。

【図22】多層光回路の断面図である。

【図23】光移行の説明図である。

【図24】光移行例を示す図である。

【図25】光移行例を示す図である。

【図26】立型光スイッチの例を示す図である。

【図27】ポリマー膜の製造工程図である。

【図28】ポリマー膜の製造工程図である。

【図29】製膜プロセス説明図である。

【図30】ポリマーの光吸収スペクトルである(斜め蒸着)。

【図31】ポリマーの光吸収スペクトルである(垂直蒸着)。

【図32】光導波路形成プロセスの一例を示す説明図である。

【図33】導波路パターンを酸化シリコンの斜め蒸着膜で形成するプロセスの例を示す説明図である。

【図34】光導波路の製造の具体例を示す模式図である。

【図35】エッチングによる光導波路形成プロセスの一例を示す説明図である。

【図36】コア形成に際し、コアのポリマーの鎖を配向させた例を示す説明図である。

【図37】導波路パターン領域以外の部分のポリマー鎖を、導波路に沿う方向またはそれに近い方向に配向させ、導波路パターン部ではランダム配向させた例を示す

説明図である。

【図38】コフ部のポリマーを基板と垂直に配向形成し、曲がり導波路を作製する例を示す説明図である。

【図39】本発明のポリマー薄膜トランジスタの構造例を示す模式断面図である。

【図40】ゲート絶縁膜の形成とそれに引き続くポリマー半導体膜の形成のためのプロセスを説明する図である。

【図41】光導波路の製造工程説明図である。

【図42】光導波路の構成図である。

【図43】光導波路の製造工程説明図である。

【図44】光導波路の屈折率分布図である。

【図45】多層光導波路の屈折率分布図である。

【図46】多層光導波路の屈折率分布図である。

【図47】多層光導波路の製造工程説明図である。

【図48】図7の矢印A方向から見た側面図である。

【図49】電極配列の他の例を示す説明図である。

【図50】垂直方向に湾曲する光導波路の製造工程説明図である。

【図51】垂直方向に湾曲する光導波路の製造工程説明図である。

【図52】垂直方向に湾曲する光導波路の製造工程説明図である。

【図53】垂直方向に湾曲する光導波路の製造工程説明図である。

【図54】垂直方向に湾曲する光導波路の製造工程説明図である。

【図55】方向性結合器の構成図である。

【図56】微細電極使用による光導波路の製造工程説明図である。

【図57】複合型光デバイスの構成図である。

【図58】斜め蒸着による配向膜の形成を説明する図である。

【図59】ポリマー非線形光学デバイスの製造の例を示す図である。

【図60】本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図である。

【図61】本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図である。

【図62】本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図である。

【図63】本発明の上下導波路間光スイッチの第1の実施例を示す図である。

【図64】本発明の上下導波路間光スイッチの第2の実施例を示す図である。

【図65】本発明の上下導波路間光スイッチの第3の実施例を示す図である。

【図66】本発明の3次元光回路の実施例を示す断面図である。

【符号の説明】

G…ゲート

S…ソース電極

D…ドレイン電極

1…基板

2…斜め蒸着膜

3…ポリマー半導体膜

4…誘電体膜

5…有機膜

6…配向基板

11…基板

12…バッファ層

13…電極

14…ポリマー膜

15, 16, 17…光導波路

18…基板上の電極

19…基板上方の電極

20…微細電極

31…Siウエハ

32…SiO₂層

33, 34…Al電極

35…SiO₂斜め蒸着膜

36…バンプ付光導波路

37…非線形光導波路

40, 50…基板

41, 42, 44, 45, 47, 48…光導波路

43, 43'…電極

46…中間層

49…バンプ層

51…バッファ層

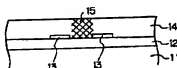
52…光導波路層

53…光スイッチ

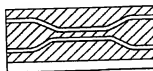
54…IC

【図42】

光導波路



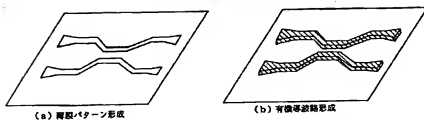
方向性結合器



【図55】

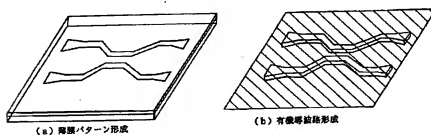
【図 1】

光導波路形成工程説明図



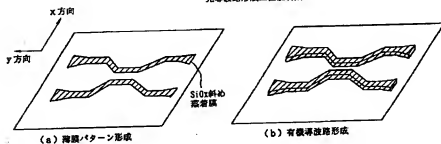
【図 2】

光導波路形成工程説明図



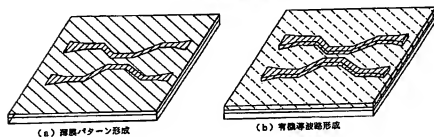
【図 3】

光導波路形成工程説明図



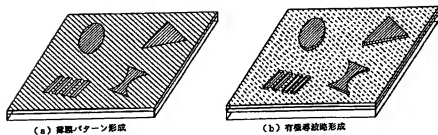
【図 4】

光導波路形成工程説明図



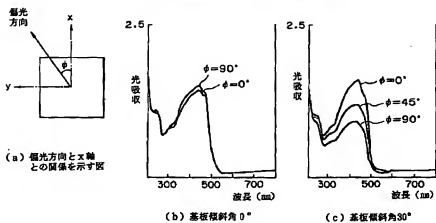
【図5】

スラブ型導波路内の光学素子形成工程概略図



【図6】

SiO₂ EB蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性

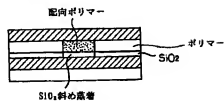
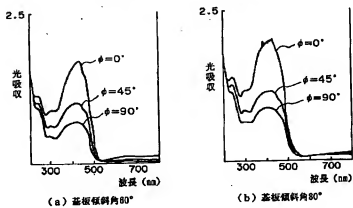


【図7】

【図23】

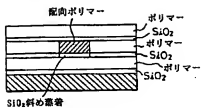
SiO₂ EB蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性

光移行の説明図

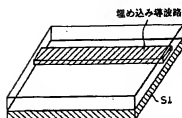


【図 8】

埋め込み型チャネル導波路

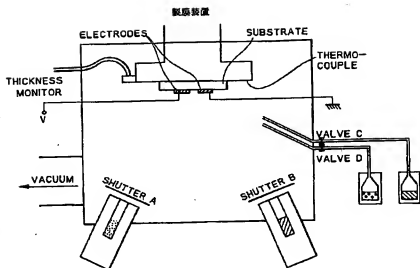


(a) 断面図



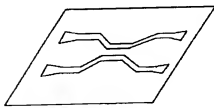
(b) 斜視図

【図 12】

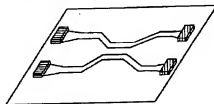


【図 9】

光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図



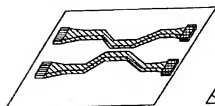
(a) 導波路パターン形成



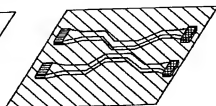
(b) 素子形成

【図 10】

光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図



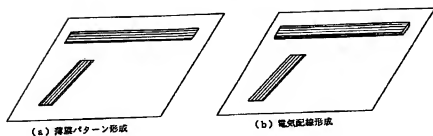
(a) 有機導波路形成



(b) 有機導波路形成

【図 11】

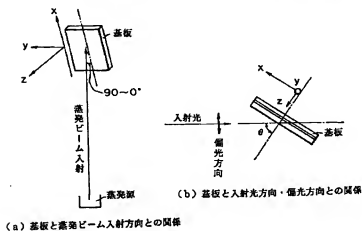
電気配線形成工程説明図



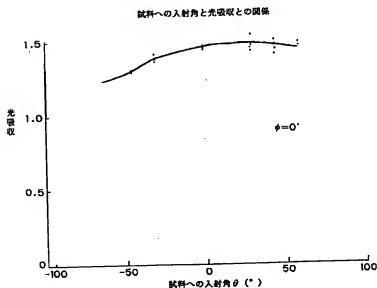
【図 13】

【図 24】

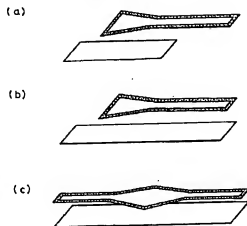
基板と露光ビーム入射方向・偏光方向・入射光方向との関係



【図 15】

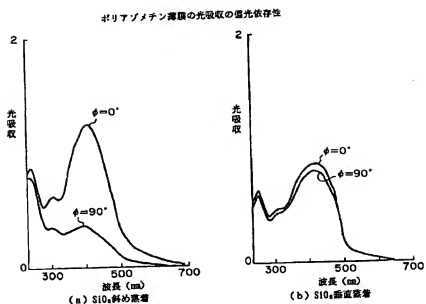


光移行の例



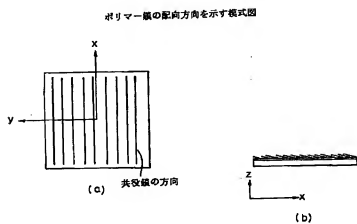
—— 第1層の導线路
—— 第2層の導线路

【図14】

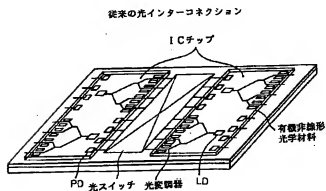


【図16】

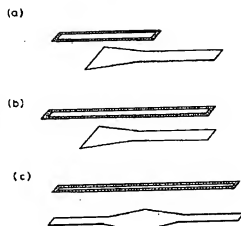
【図25】



【図17】



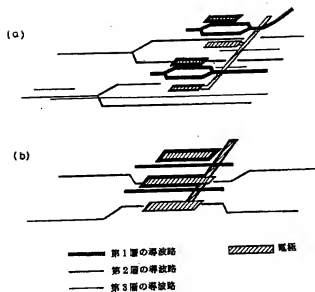
光移行の例



—— 第1層の導波路
—— 第2層の導波路

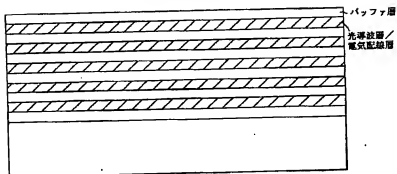
【図18】

多層光回路の概念図

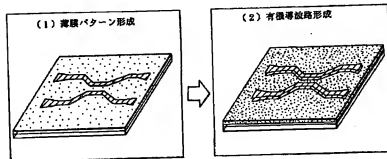


【図19】

多層光回路の断面図

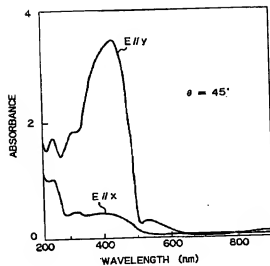


【図34】

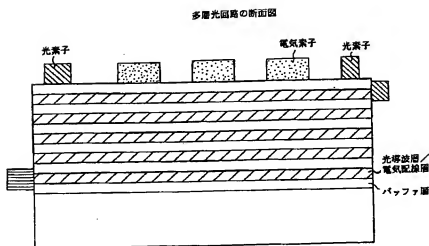


【図30】

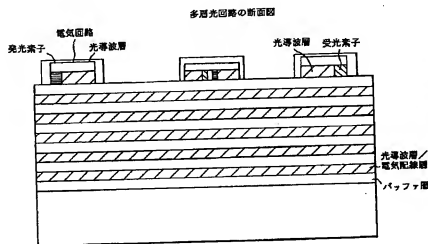
ポリマーの光吸収スペクトル



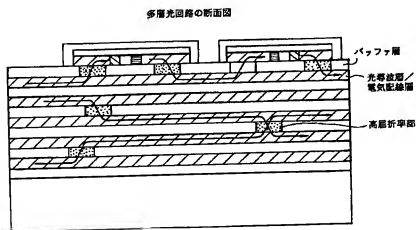
【図 20】



【図 21】

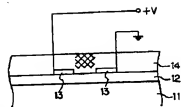


【図 22】

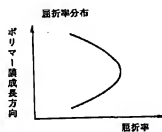


【図 41】

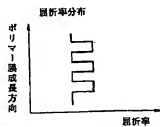
工程説明図



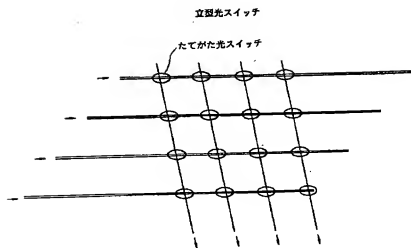
【図 44】



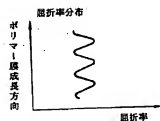
【図 45】



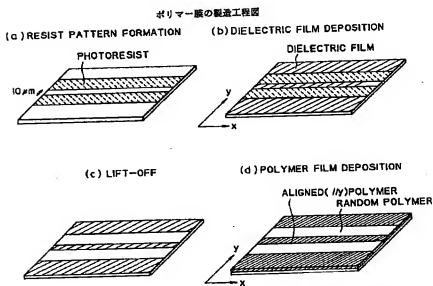
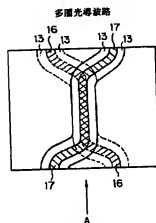
【図 2 6】



【図 2 7】

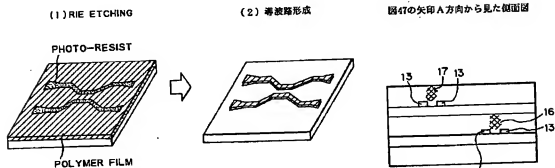


【図 4 7】

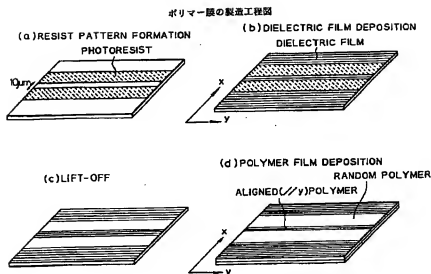


【図 3 5】

【図 4 8】

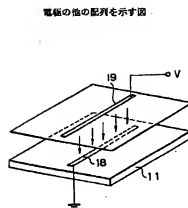


【図 28】

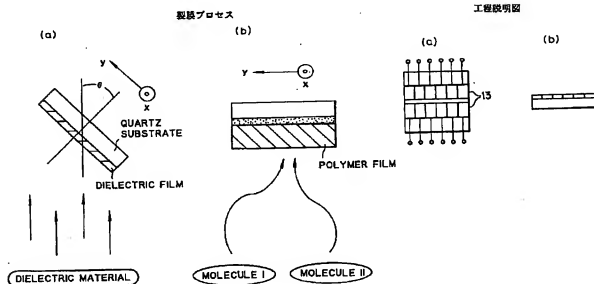


【図 29】

【図 49】

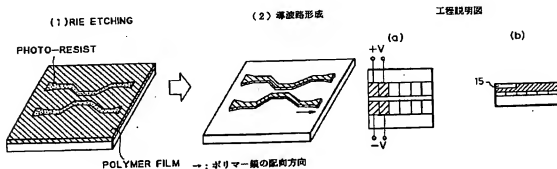


【図 50】



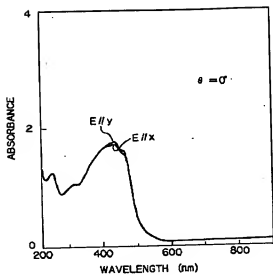
【図 36】

【図 51】



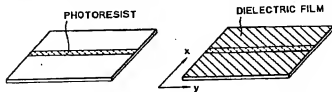
【図 3 1】

ポリマーの光吸収スペクトル

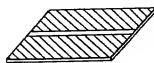


【図 3 7】

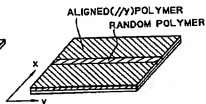
(1) RESIST PATTERN FORMATION (2) DIELECTRIC FILM DEPOSITION



(3) LIFT-OFF



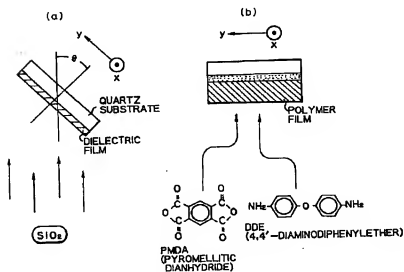
(4) POLYMER FILM DEPOSITION



【図 5 2】

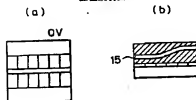
工程説明図

【図 3 2】

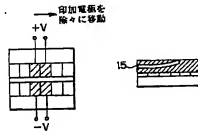


【図 5 4】

工程説明図

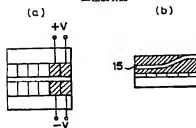


(a) (b)

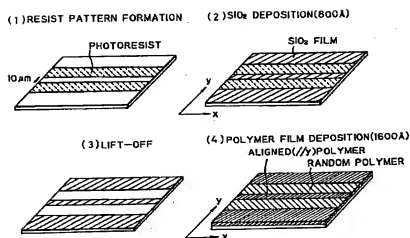


【図 5 3】

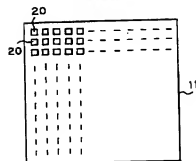
工程説明図



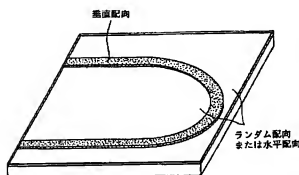
【図 3 3】



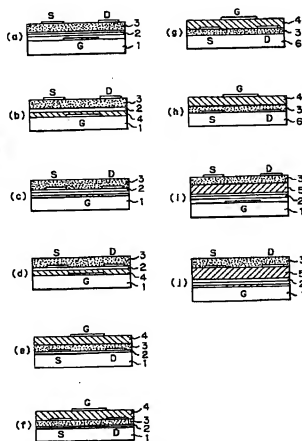
工程説明図



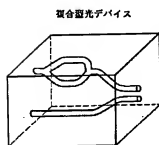
【図 3 8】



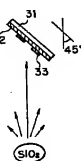
【図 3 9】



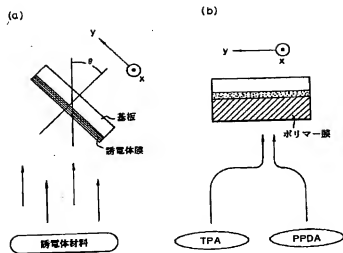
【図 5 7】



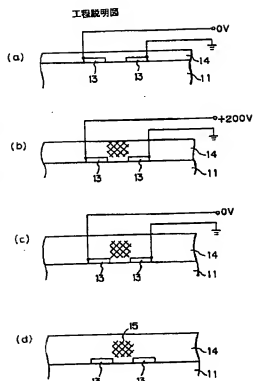
【図 5 8】



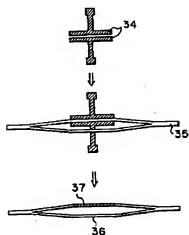
【図40】



【図43】

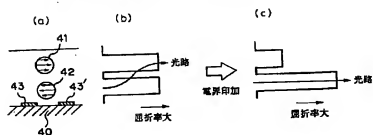


【図59】



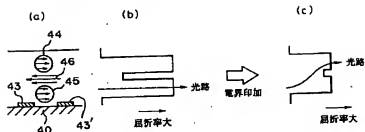
【図60】

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図



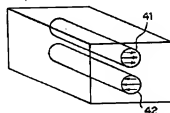
【図 6 1】

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図



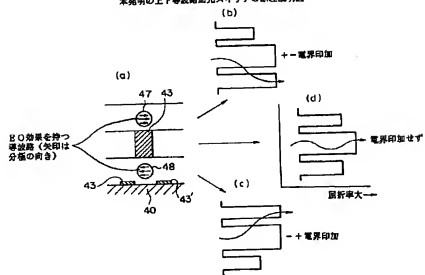
【図 6 3】

本発明の上下導波路間光スイッチの第 1 の実施例を示す図



【図 6 2】

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図

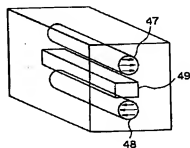
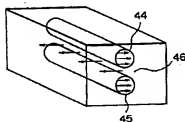


【図 6 4】

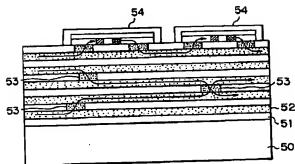
【図 6 5】

本発明の上下導波路間光スイッチの第 2 の実施例を示す図

本発明の上下導波路間光スイッチの第 3 の実施例を示す図



本発明の3次元光回路の実施例を示す断面図



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁸
H 0 1 L 27/15

識別記号 庁内整理番号
8934-4M

F I

技術表示箇所

(31) 優先権主張番号 特願平4-179909
(32) 優先日 平4 (1992) 7月7日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)
(31) 優先権主張番号 特願平4-189554
(32) 優先日 平4 (1992) 7月16日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)
(72) 発明者 吉村 徹三
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 米田 泰博
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(72) 発明者 塚本 浩司
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内
(72) 発明者 石塚 剛
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-082642
 (43)Date of publication of application : 25.03.1994

(51)Int.Cl.

G02B 6/12
 C08L101/00
 C30B 25/02
 C30B 25/04
 H01L 27/15

(21)Application number : 05-038869
 (22)Date of filing : 26.02.1993

(71)Applicant : FUJITSU LTD
 TOYAMA WATARU
 MOTOYOSHI KATSUSADA
 YOSHIMURA TETSUZO
 YONEDA YASUHIRO
 TSUKAMOTO KOJI
 ISHIZUKA TAKESHI

(30)Priority

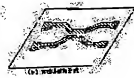
Priority number : 04 48961	Priority date : 06.03.1992	Priority country : JP
04 52206	11.03.1992	
04159350	18.06.1992	JP
04179909	07.07.1992	JP
04189554	16.07.1992	JP
		JP
		JP

(54) OPTICAL CIRCUIT DEVICE AD ITS PRODUCTION AND MULTILAYERED OPTICAL CIRCUIT FORMED BY USING THE DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To produce the optical circuit device by forming org. films on a substrate and imparting a nonlinear optical characteristics to these org. films.

CONSTITUTION: The optical circuit device includes the org. films formed on the substrate and is so formed as to have the structure in which the films are selectively formed in a part of the regions on the substrate or the film, is formed in the region over the entire part on the substrate and the regions of a part of such film are formed into the thickness different from the thickness of the film in the other region or the films are selectively formed to have the different structure. This optical circuit device is produced by having various kinds of constitution or the formation of the multilayered optical circuits is possible as well.



* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The optical circuit device which has structure which is formed in the thickness in which said film is alternatively formed in some fields on a substrate, said film is formed in all the fields on a substrate including the organic film formed on the substrate, and some fields of the film differ from other fields alternatively, or is different on a selection target.

[Claim 2] The optical circuit device according to claim 1 said whose organic film is the organic polymer film, the polysilane film, the organic low-molecular crystal film, or low-molecular [organic] / giant-molecule complex film.

[Claim 3] Said organic polymer film Polyazo methine, polymethylmethacrylate, The polymer film which uses polyvinyl cull PAZORU, a polycarbonate, or polystyrene as the base, The radical containing the molecule, amino group, or one or more amino protons containing two or more radicals chosen from two anhydrides of a carboxylic acid, the acid halogenation radical of a carboxylic acid, -NCO radical, and -CHO radical, The polymer film which is made to combine the molecule containing two or more radicals chosen from the alkylamino radical and the silanized amino group of carbon numbers 1-10, and is obtained, Or the radical containing the molecule, amino group, or one or more amino protons containing two or more epoxy groups, The optical circuit device according to claim 2 which is the polymer film which is made to combine the molecule containing two or more radicals chosen from the alkylamino radical and the silanized amino group of carbon numbers 1-10, and is obtained.

[Claim 4] The optical circuit device according to claim 1 with which said organic film is alternatively formed on the pattern of organic [which was formed on the substrate], or an inorganic thin film.

[Claim 5] The optical circuit device according to claim 1 with which said organic film is alternatively formed on the pattern of organic [which was formed on the substrate], or an inorganic thin film more thickly than other fields.

[Claim 6] The optical circuit device according to claim 1 with which said organic film is alternatively formed in the field except the pattern top of organic [which was formed on the substrate], or an inorganic thin film.

[Claim 7] The optical circuit device according to claim 1 with which said organic film is alternatively formed on the pattern of organic [which was formed on the substrate], or an inorganic thin film more thinly than other fields.

[Claim 8] The optical circuit device according to claim 1 which has the structure where said organic film differs alternatively on the pattern of organic [which was formed on the substrate], or an inorganic thin film.

[Claim 9] The manufacture approach of an optical circuit device including forming organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ, although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate, patterning organic [said / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forming the organic film alternatively on organic [said / which was patternized] or an inorganic thin film.

[Claim 10] Organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate is formed. The manufacture approach of an optical circuit device including patterning organic [said / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forming the organic film alternatively on organic [said / which was patternized] or an inorganic thin film more thickly than other fields.

[Claim 11] The manufacture approach of an optical circuit device including forming organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ, although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate, patterning organic [said / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forming the organic film in the field except an inorganic said organic [which was patternized] or thin film top alternatively.

[Claim 12] Organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate is formed. The manufacture approach of an optical circuit device including patterning organic [said / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forming the organic film alternatively on organic [said / which was patternized] or an inorganic thin film more thinly than other fields.

[Claim 13] The manufacture approach of an optical circuit device including forming organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ, although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate, patterning organic [said / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forming the organic film with which structures differ alternatively on organic [said / which be patternized] or an inorganic thin film.

[Claim 14] Conductive wiring which has structure which is formed in the thickness in which said film is alternatively formed in some fields on a substrate, said film is formed in all the fields on a substrate including the organic film formed on the substrate, and some fields of the film differ from other fields alternatively, or is different on a selection target.

[Claim 15] The multilayer optical circuit which contains at least in a part the optical waveguide which consists of an optical circuit device according to claim 1.

[Claim 16] The multilayer optical circuit according to claim 38 which has a means by which optical waveguide is formed in a multilayer and light shifts between [some / at least] a part of upper optical waveguide [at least] and lower layer optical waveguide.

[Claim 17] Optical waveguide which is the optical waveguide which consists of organic polymer film formed on the substrate, and said organic polymer film consists of polymer film by vapor growth, or becomes considering this as a subject.

[Claim 18] The manufacture approach of optical waveguide including forming organic or the inorganic thin film patternized on the substrate, and subsequently to this patterning thin film top carrying out orientation vapor growth of the polyimide film alternatively.

[Claim 19] The thin film transistor which is a thin film transistor which possesses the gate, a source electrode, and a drain electrode, and has gate dielectric film and the polymer semi-conductor film, and is characterized by the polymer semi-conductor carrying out orientation in the direction of a source electrode-drain electrode.

[Claim 20] The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, and carrying out orientation of the polar group of a polymer, forming at least one pair of electrodes on a substrate, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said].

[Claim 21] The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, and forming the polymer thin film which is made to carry out orientation of the polar group, removes the electrical potential difference impressed to inter-electrode [said], and contains a polar group using a CVD method, forming at least one pair of electrodes on a substrate, forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said].

[Claim 22] The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, and carrying out orientation of the polar group of a polymer, forming at least one pair of electrodes which have one electrode on a substrate and have the electrode of another side in the substrate upper part, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said].

[Claim 23] At least one pair of electrodes which have one electrode on a substrate and have the electrode of another side in the substrate upper part are formed. Form the polymer thin film which contains a polar group

using a CVD method, form the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method while impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said], and orientation of the polar group is carried out. The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which removes the electrical potential difference impressed to inter-electrode [said], and contains a polar group using a CVD method.

[Claim 24] The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, forming two or more counterelectrodes along an optical waveguide formation field on a substrate, and impressing an electrical potential difference to said two or more counterelectrodes one by one.

[Claim 25] The manufacture approach of macromolecule three-dimension optical waveguide including forming the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, controlling the electrical potential difference impressed to each of said detailed electrode, and forming [form two or more detailed electrodes on a substrate,] the electric-field pattern of arbitration.

[Claim 26] The manufacture approach of an organic non-linear optical material including forming at least one pair of electrodes on a substrate, facing manufacturing the polymer film with a CVD method, impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said], forming the orientation film beforehand on said substrate, and carrying out orientation of the chain of said polymer film by this, or promoting the orientation of a polar group.

[Claim 27] It is the optical switch between vertical waveguides which it consists of optical waveguide of one pair of upper and lower sides formed using the non-linear optical material, and up-and-down optical waveguide makes the sense of polarization the reverse sense mutually, and shifts the light between the optical waveguides by electric-field impression.

[Claim 28] It is the optical switch between vertical waveguides which consists of optical waveguide of one pair of upper and lower sides formed using the non-linear optical material, prepares the middle class who up-and-down optical waveguide made [middle class] the sense of polarization equal, and made hard flow carry out polarization weakly between optical waveguides, and shifts the light between the optical waveguides by electric-field impression.

[Claim 29] It is the optical switch between vertical waveguides which makes the light of said passive waveguide shift to the optical waveguide of vertical arbitration by electric-field impression of passive waveguide to form optical waveguide using a non-linear optical material up and down, and for up-and-down optical waveguide to make the sense of polarization the reverse sense mutually, and according to one pair of electrodes.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Industrial Application] This invention relates to the approach of forming the organic film alternatively, and the approach of controlling the orientation of the organic film alternatively. Moreover, it is related with optical waveguide, a multilayer optical circuit, and electric wiring. Moreover, it is related with the optical waveguide formed using said organic film formation approach, a multilayer optical circuit, and electric wiring.

[0002]

[Description of the Prior Art] As the manufacture approach of the organic film which forms optical waveguide, the organic film is formed on a substrate using a spin coat method, and the approach of etching this using a reactive-ion-etching method etc., and carrying out patterning to the configuration of optical waveguide is learned.

[0003] For the improvement in the engine performance of organic functional materials including a non-linear optical material, it is required to control the orientation of the organic film which grows on a substrate, and orientation film production within the substrate side of a diacetylene system thin film is realized by the rubbing film until now.

[0004] As an optical circuit, the optical interconnection of a computer and the optical exchange are begun, an important role is played in various kinds of optical systems, and it is *****. An example of the conventional optical circuit is shown in drawing 17. Between ICs is combined by optical waveguide and signal transduction is performed.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When it forms using a spin coat method, and the organic film carries out patterning of this and forms in the configuration of optical waveguide, it is easy to start light scattering by the dry area of the patternized organic film edge section. Moreover, there are [time amount] problems, such as ***** in etching processing of the organic film of the thickness of micron order.

[0006] An ingredient is limited and formation of the waveguide by photopolymerization has the problem that molecular orientation control is difficult, although there are few problems of light scattering. When forming nonlinear optics waveguide, it is desirable to make the orientation of the direction of a major axis of the molecule which forms waveguide carry out in the deviation direction of light. However, there is a problem that the sense of a molecule becomes random, by the aforementioned conventional approach. Also when forming the electric wiring which used the conductive organic material, it is desirable to arrange the orientation of the molecule within wiring. Although orientation-ization by extension is also considered, it is not a suitable approach for device-izing that there is a possibility of it being restricted when a substrate substrate is soft, and producing a membranous defect etc.

[0007] Furthermore, although it is necessary to raise the adhesion between them when joining optical waveguide, and light and an electron device, by the conventional approach, there is a problem that a clearance tends to get bored between a component and waveguide.

[0008] moreover, the orientation film production by the rubbing film having a problem in membranous surface smoothness etc., and putting a mechanical rubbing process into the manufacture process of various photonics devices itself -- it is not desirable. Although orientation control is possible also by using an organic single crystal for a substrate, since a substrate has remarkable constraint, the application to a practical accumulation device is difficult.

[0009] Moreover, in an optical circuit, if the number of ICs increases and connection becomes complicated, it will become important for it to be necessary to make waveguide cross frequently and, to take an interface with semiconductor laser or a photodiode smoothly. Furthermore, when it is going to take out an optical switch and a light modulation function with waveguide, use of nonlinear optics waveguide is needed. Usually, since nonlinear optics waveguide has large loss of light, it holds down to the minimum die length required for switching, and as for other parts, wiring by the passive waveguide of low loss is desirable, and multilayering of an optical circuit is desired.

[0010] The purpose of this invention is to be in canceling these faults and offer the manufacture approach of the organic film with little light scattering and the orientation control approach of the organic film which were patternized, and the multilayered optical circuit.

[0011]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem according to this invention, the organic film formed on the substrate is included. The optical circuit device which has structure which is formed in the thickness in which said film is alternatively formed in some fields on a substrate, said film is formed in all the fields on a substrate, and some fields of the film differ from other fields alternatively, or is different on a selection target is offered.

[0012] Here, the examples of an optical circuit device are optical waveguide, an optical switch, an optical modulator, a waveguide lens, a waveguide grating, a hologram, an optical separator, an optical multiplexing machine, a wavelength filter, and an optical branching device. The optical circuit device of this this invention can be formed by all of the following organic film manufacture means.

[0013] The 1st means is the manufacture approach of the organic film which forms the pattern of organic or an inorganic thin film on a substrate, and forms the organic film alternatively on this pattern. The 2nd means is the manufacture approach of the organic film which forms the pattern of organic or an inorganic thin film on a substrate, and forms the organic film alternatively on this pattern more thickly than other fields. The 3rd means is the manufacture approach of the organic film which forms the pattern of organic or an inorganic thin film on a substrate, and forms the organic film in the field except this pattern top alternatively. The 4th means is the manufacture approach of the organic film which forms the pattern of organic or an inorganic thin film on a substrate, and forms the organic film alternatively on this pattern more thinly than other fields. The 5th means is the manufacture approach of the organic film which forms the pattern of organic or an inorganic thin film on a substrate, and forms the organic film with which structures differ alternatively on this pattern. The 6th means forms organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate. It is the manufacture approach of the organic film which patternizes organic [these / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forms the organic film alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film. The 7th means forms organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate. It is the manufacture approach of the organic film which patternizes organic [these / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forms the organic film alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film more thickly than other fields. The 8th means forms organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate. It is the manufacture approach of the organic film which patternizes organic [these / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forms the organic film alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film, and forms the organic film alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film more thinly than other fields. The 9th means forms organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class differs on a substrate. It is the manufacture approach of the organic film which patternizes organic [these / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forms the organic film alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film more thinly than other fields. The 10th means forms organic [at least two sorts of] or the inorganic thin film with which structures differ although it is organic [at least two sorts of], the inorganic thin film, or of the same kind from which a class

differs on a substrate. It is the manufacture approach of the organic film which patternizes organic [these / at least two sorts of], organic [of the inorganic thin films / at least one sort of], or an inorganic thin film, and forms the organic film with which structures differ alternatively on organic [this / that was patternized] or an inorganic thin film.

[0014] Vapor growth can be used for organic [of the aforementioned substrate], or an inorganic thin film, and orientation of the organic film can be carried out by making 10-90 degrees of substrates incline, and forming them to the direction of a coming-flying atom or a molecule. In addition, the aforementioned vapor growth -- vacuum deposition, the sputtering method, and MLD (molecular layer deposition) -- law and MBD (molecular beam deposition) -- law and MBE (molecular beam epitaxy) -- it is desirable that they are law, the ion plating method, or cluster ion vacuum deposition. Moreover, following on organic [above] or formation of an inorganic thin film, it may be made to carry out surface treatment into a liquid or a gas ambient atmosphere. Moreover, the aforementioned inorganic thin film is silicon oxide film, and, as for the aforementioned organic film, it is desirable to consist of a polyazo methine system ingredient or a polyimide system ingredient. Moreover, the polymer film may be produced by spin coating, rubbing processing may be carried out, and patterning of this may be carried out. On the contrary, rubbing processing may be carried out after patterning. Or the resist patternized on the polymer film is formed, rubbing of this is carried out, and rubbing may be made to be performed only the part of the aperture of a pattern.

[0015] Wiring which has optical waveguide, optical waveguide and a buffer cladding layer, and conductivity using the manufacture approach of the aforementioned organic film can be formed. The aforementioned optical waveguide is formed in a multilayer and a multilayer optical circuit is attained by the multilayer optical circuit which has a means by which light shifts between [some / at least] a part of upper optical waveguide [at least] and lower layer optical waveguide. In addition, there are an approach of forming grating structure in the layer which touches the approach of increasing or decreasing the width of face of the approach of using a directional coupler, the aforementioned upper layer, and lower layer optical waveguide to the travelling direction of guided wave light as a means to by_ which the aforementioned light shifts, the approach of making the change in the width of face of the aforementioned optical waveguide the shape of a taper, the upper layer and/or lower layer optical waveguide, or them, and a method of giving distribution to the period of the aforementioned grating structure. Moreover, the optical circuit upper part and/or the lower part can be equipped with light and/or an electronic device.

[0016] The artificer of this invention etc. checked the organic film growing alternatively on organic [used as a substrate / which was patternized], or an inorganic thin film, or not growing up to be a selection target, growing up thickly or thinly from other fields, or growing up to be different structure from other fields by experiment.

[0017] Moreover, when forming organic or the inorganic thin film which leans a substrate to the molecule and atom which come flying at the time of vapor growth, and serves as a substrate, it checked by experiment carrying out orientation of the organic film which grows on it. Moreover, it found out that selection orientation was possible also by patterning the rubbing film.

[0018] This invention applies these experimental results.

[0019] Hereafter, with reference to a drawing, the manufacture approach of the organic film and multilayer optical circuit concerning the example of above-mentioned this invention are explained.

[0020] Refer to [SiO₂] 1st example drawing 1 and drawing 2. The electron beam vacuum deposition made into the source of vacuum evaporatono is used, and the silicon oxide thin film of 10A - 10 micrometer thickness is formed on a silicon substrate, and as patterning of this is carried out and it is shown in drawing 1 (a), it forms in the configuration of waveguide. As the silicon substrate may expose fields other than waveguide or it is shown in drawing 2 (a), other film, such as silicon nitride, may be exposed.

[0021] drawing 12 -- subsequently to drawing 12, the organic film is formed 3** using the shown organic film film production equipment. A terephthal aldehyde (TPA) and a p phenylenediamine (PPDA) are supplied as a raw material, and if substrate temperature is made into 25 degrees C and the polyazo methine film is grown up, the optical waveguide shown in drawing 1 (b) and drawing 2 (b) will be formed, without the polyazo methine film's growing alternatively and carrying out patterning on a silicon oxide thin film.

[0022] The example which carries out the slanting vacuum evaporatono of 2nd example drawing 3 and the drawing 4 reference silicon oxide thin film is explained. For example, about 80 degrees of substrates are leaned in the direction of a x axis to the coming-flying direction of a vacuum evaporatono molecule, a silicon oxide

thin film is formed, patterning of this is carried out, and as shown in drawing 3 (a), it forms in the configuration of waveguide. The degree of vacuum at the time of vacuum evaporation is [25 degrees C and the growth thickness of 10-6 - 10-4 Torr, and substrate temperature] 10A - about 10 micrometers. In addition, as the silicon substrate may be exposed or fields other than waveguide are shown in drawing 4 (a), thin films of other classes, such as silicon nitride, may be exposed. Or the silicon oxide film which carried out perpendicular vacuum evaporation, without leaning a substrate in fields other than waveguide may be exposed. A polyazo methine thin film is produced at the substrate temperature of 25 degrees C like the 1st example using TPA and PPDA. Consequently, as shown in drawing 3 (b) and drawing 4 (b), the waveguide the sense of a molecule carried out [waveguide] orientation in the direction of a **** x axis is formed. When forming the perpendicular vacuum evaporation silicon oxide film in fields other than a waveguide pattern especially, as shown in drawing 4 (b), the polymer film which carried out **** x-axis orientation in the waveguide section is formed, and the polymer film of random orientation or perpendicular orientation is formed in other parts.

[0023] Usually, the refractive index to the light which polarized in the direction of a polymer chain is larger than the refractive index to the light which polarized in the direction perpendicular to a polymer chain. Therefore, the waveguide to the TE-mode light in which the side face was embedded automatically is formed. This approach -- planar processing -- nothing -- **** -- a flat layer is obtained. In addition, when not silicon but glass and a quartz substrate are used for a substrate, even if it does not form the silicon oxide film especially in fields other than the patternized silicon oxide thin film, the film of random orientation is formed. On the contrary, if a substrate is leaned in the die-length direction of waveguide for parts other than a waveguide pattern and the slanting vacuum evaporation film is formed, the refractive index of the part will become small and waveguide will be formed.

[0024] Moreover, SiO₂ which leaned in the direction of y and was produced SiO₂ leaned and produced in the x directions on the film. If the film is patternized, a polymer chain will carry out orientation in the direction which intersects perpendicularly mutually, and a selection target will get a pattern. Moreover, the direction to lean is not limited to x-y-shaft orientations and it is not necessary to say that it is good in the direction of arbitration. [0025] In the case of nonlinear optics waveguide, a stacking tendency has big effect on a property. For example, considering the 3rd nonlinear optics waveguide which constitutes an all-optical device, it is desirable to assemble the molecule in waveguide in the polarization direction. The 2nd example is effective also from this field.

[0026] The example in which optical elements, such as a lens, prism, and a grating, were formed in the 3rd example drawing 5 reference slab mold optical waveguide is shown in drawing 5. Various optical elements can be formed in a planar slab waveguide with alternative orientation growth, without needing the embedding process by etching like before, and other ingredients.

[0027] 4th example drawing 6 and the drawing 7 reference Fig. are the graphs which showed the relation between wavelength and light absorption, respectively about the case where the angle phi (refer to drawing 6 (a)) of the incident light polarization direction and a x axis (here the substrate inclination direction) to make is made into 0 degree, 45 degrees, and 90 degrees. Drawing 6 (b) makes the angle of inclination of a substrate 0 degree, and drawing 6 (c) considers as 30 degrees, and drawing 7 (a) makes the angle of inclination of a substrate 60 degrees, and drawing 7 (b) vapor-deposits a silicon oxide thin film as 80 degrees, respectively, and shows the light absorption at the time of forming the organic film on it.

[0028] Thus, by using the effectiveness of increasing as a membranous anisotropy enlarges the angle of inclination of a substrate, a waveguide pattern (or optical element pattern) and the other field can also be formed by the slanting vacuum evaporation film of silicon oxide in the 1st and 2nd examples. It **** and the substrate angle of inclination at the time of slanting vacuum evaporation is changed in the waveguide pattern (or optical element pattern) and the other field. for example, the silicon oxide thin film which leaned about 45 degrees of substrates in the direction of a x axis, and formed them in it -- waveguide (or optical element pattern) -- moreover, the silicon oxide thin film which leaned in the direction of a x axis about 30 degrees, and was formed in it is used for fields other than waveguide (or optical element pattern). the silicon oxide thin film which leaned 70 degrees of substrates in the direction of a x axis, and formed them in it as other examples -- waveguide (or optical element pattern) -- moreover, the silicon oxide thin film which leaned 50 degrees of substrates in the direction of the y-axis, and formed them in it is used for fields other than waveguide (or optical element pattern). by these, the refractive index of a waveguide core and a surrounding clad can be adjusted, control, then

** can also boil the discontinuity in a pattern boundary, and the degree of freedom of a waveguide design can be improved.

[0029] The example of manufacture of the 5th example drawing 8 reference embedding mold channel waveguide is shown in drawing 8. The embedding mold optical waveguide in which the core and the clad were formed by the same matter in each buffer layer, the cladding layer, and the waveguide layer by controlling the angle of inclination at the time of silicon oxide film formation can be manufactured.

[0030] It is the example which connected with optical waveguide and hybridized the light corpuscle children (the semiconductor laser, photodiode, etc.) and electronic devices of 6th example drawing 9 and drawing 10 (referring-to-versatility (IC etc.)). As shown in drawing 9 (a), after forming a substrate pattern beforehand, as shown in drawing 9 (b), the organic film is made to deposit and waveguide is formed so that a component may be formed and it may be shown subsequently to drawing 10. In this case, alignment actuation of etching of waveguide and after that is unnecessary, and good connection of adhesion with light and an electronic device can be made.

[0031] As mentioned above, although explained mainly taking the case of the silicon oxide vacuum evaporation film as furring, it is not limited to this. The thermal oxidation film of silicon may be patternized. Furthermore, all can be used if it is the ingredient which influences the structure of organic film which grows on them, such as surface adsorption layers, such as organic film, such as other dielectrics and a 1-10 diamino decane, LB film, and silane coupling material, and polymer film by which rubbing processing was carried out.

[0032] Moreover, although explained taking the case of formation of the polyazo methine film by TPA and PPDA In addition, polymethylmethacrylate, a polyvinyl carbazole, a polycarbonate, The polymer film which used polystyrene etc. as the base, Two anhydrides of a carboxylic acid (carbonyloxy carbonyl group) Or the acid halogenation radical of a carboxylic acid Or two or more radicals chosen from the radical containing the molecule, amino group, or one or more amino protons containing two or more radicals chosen from -NCO radical or -CHO radical, the alkylamino radical of carbon numbers 1-10, or the silanized amino group The polymer film which was made to combine the molecule which it has and was produced, The polymer film which was made to combine the molecule which has two or more radicals chosen from the radical containing a molecule with two or more epoxy groups, the amino group, or one or more amino protons, the alkylamino radical of carbon numbers 1-10, or the silanized amino group, and was produced, It is a polymer with high transparency which lets guided wave light, such as polysilane film, pass, and if it is the ingredient influenced of a substrate, it is good anything. Moreover, a low-molecular crystal, low-molecular / macromolecule complex, etc. can be applied similarly, without being limited to a polymer ingredient.

[0033] Moreover, as a waveguide ingredient, there is nonlinear optics waveguide which has the 3rd nonlinear optical effects, such as the secondary nonlinear optical effects, the optical Kerr effects, etc., such as the passive waveguide and electro-optics (EO) effectiveness. Some or all of a core clad buffer may be a non-linear optical material.

[0034] Molecular orientation is important also when forming the electric wiring by the organic substance which has conductivity. In this case, it is desirable to arrange the direction of a major axis of a molecule in the direction in which a current flows. As the approach shown in the 2nd example is used, for example, it is shown in drawing 11, production of a circuit pattern is possible.

[0035] In addition, this invention has the versatility which can be used also for the patterning approach of an insulator layer or other organic film.

[0036] The relation between the inclination of the substrate in the case of forming a silicon oxide thin film on a substrate with electron beam vacuum deposition by making 7th example drawing 13 (a) reference silicon oxide into an evaporation source and the direction of a coming-flying atom and a molecule is shown in drawing 13 (a).

[0037] When the angle of inclination of a substrate is made into the case where it is made 70 degrees (slanting vacuum evaporation), and 0 degree (perpendicular vacuum evaporation), vacuum evaporation formation of the silicon oxide thin film is carried out on a substrate, respectively. The silicon oxide thin film of 1000-5000Å of thickness is formed setting the degree of vacuum at the time of vacuum evaporation to about ten to 4 Torr, and using substrate temperature as 25 degrees C. Besides, a polyazo methine thin film is produced using TPA and PPDA.

[0038] As shown in drawing 14, drawing 6 (a), and drawing 16 (a) reference drawing 6 (a), the angle of the

direction of a x axis of a substrate and the polarization direction to make is set to phi, and the result of having measured the polarization dependency of the light absorption of a polyazo methine thin film is shown in drawing 14 . absorption of as opposed to [when the silicon oxide film which carried out perpendicular vacuum evaporation is used, as it is shown in drawing 14 (b)] polarization ($\phi = 0$ degree) of the direction of a x axis, and absorption of as opposed to vertical polarization ($\phi = 90$ degrees) to it -- **** -- it is equal. When the silicon oxide film which carried out slanting vacuum evaporation to it is used, as shown in drawing 14 (a), the absorption to polarization of the direction of a x axis is several times larger compared with the absorption to polarization of it and a perpendicular direction. From this, by making the silicon oxide thin film of slanting vacuum evaporation into a substrate shows that the polymer chain carried out orientation in the inclination direction (the direction of a x axis) of the substrate at the time of silicon oxide vacuum evaporation, as shown in drawing 16 (a).

[0039] As shown in drawing 13 (b), drawing 15 , and drawing 16 (b) reference drawing 13 (b), the angle theta of incident light and a substrate is used as an incident angle, and change of the light absorption when changing the incident angle theta is shown in drawing 1515 . Compared with the time of $\theta = 0$, at i.e., the having carried out incidence of the light (it polarizing to the y-axis and a perpendicular direction.) perpendicularly time, when the incident angle theta is changed to a plus side, absorption increases and near 30 degree shows the maximum inclination. Moreover, if the incident angle theta is changed to a minus side, absorption will decrease. The case where the orientation of a polymer principal chain grows toward an elongation side and the minus side of a x axis from this up with the angle of inclination of ten numbers from a substrate side as shown in drawing 16 (b) can be referred to as being.

[0040] The conditions for producing the above effectiveness are not limited to the aforementioned film production conditions, and if they are the producing-in vacuums, such as sputtering, MBD, ion plating, and cluster ion vacuum deposition, -film and method, they will not be restricted to vacuum deposition.

[0041] Film production of the high non-linear optical material of the amount of preferred orientation with which a donor, and the location and **** length of an acceptor were controlled by this approach can be effectively performed by vapor growth, such as CVD (chemical vapor deposition) and MLD (molecular layer deposition). Furthermore, various photonics ingredients which require control of molecular arrangement, such as light-receiving and luminescent material, and an electrochromic photochromic EL ingredient, can be had advanced features.

[0042] The conceptual diagram of a multilayer optical circuit is shown in 8th example drawing 18 reference drawing 18 . The buffer layer is omitted in this drawing. Drawing 18 (a) guided light by the passive waveguide formed in the 2nd layer, made a part or all of light shift to upside nonlinear optics waveguide if needed, and has applied the modulation. Moreover, in order to avoid wiring in the 2nd layer, light was moved to the waveguide of the 3rd layer and it has returned to the 2nd layer again. Drawing 18 (b) moved the light of the 2nd layer to the nonlinear optics waveguide of the 1st layer, and after switching with a directional coupler, it has returned it to the 2nd-layer wiring.

[0043] The sectional view of drawing 19 and the drawing 20 reference multilayer optical circuit is shown in drawing 19 and drawing 20 . Electric wiring is formed avoiding optical waveguide as mentioned above, and is formed in the interior of the interfaces of a buffer layer and a lightguide, or those layers. A buffer layer and a lightguide play the role of layer insulation. As shown in drawing 20 , the top face of an optical circuit substrate, an inferior surface of tongue, and a side face are equipped with light corpuscle children, such as semiconductor laser and a photodiode.

[0044] The example which makes smooth receipts and payments of the light to the drawing 9 example drawing 21 reference luminescence and a photo detector is shown in drawing 2121 . Optical waveguide is formed in the luminescence and photo detector side, and light can be made to go in and out by sticking this. Thereby, complicated processes, such as etching of waveguide and subsequent alignment, can become unnecessary, and a function can be demonstrated only by placing a component. Not only the core of waveguide but a buffer cladding layer can also be formed.

[0045] The example to which 10th example drawing 22 and the drawing 23 reference concrete target are made to do the optical shift between layers is shown in drawing 22 . For example, a part of buffer layer is made into a high refractive index from the buffer layer of the circumference of it. Thereby, shift of light is attained. As shown in drawing 23 , specifically, orientation of the polymer film can be partially carried out by growing up a

buffer layer by making the slanting vacuum evaporation film of silicon oxide into a substrate. When it leans crosswise [of waveguide] and slanting vacuum evaporation is carried out, a refractive index becomes large to the light of the TE mode. Therefore, light shifts in this part. When it leans in the die-length direction of the waveguide and slanting vacuum evaporation is carried out, a refractive index becomes small to the light of the TE mode. Therefore, light shifts in the part which has not carried out slanting vacuum evaporation. Refractive-index control is possible similarly by changing the inclination of slanting vacuum evaporation. A partially different ingredient using the usual photolithography method can be inserted, and an optical shift part can also be formed.

[0046] By changing 11th example drawing 24 and the drawing 25 reference waveguide width of face shows the example which carries out optical shift to drawing 24 $R > 4$ and drawing 25. It is reported by changing waveguide width of face in the shape of a taper that optical shift is made to stability (front line lecture summary p48 of 91 / 4 macromolecule possibility lecture / organic non-linear optical material). This example made this, the vertical mold. In the part in which width of face has spread, since an effective refractive index increases, light becomes easy to shift to the side there. Such a pattern can be formed by the usual etching. Moreover, the vacuum evaporation film of silicon oxide as shown in drawing 1 and drawing 2, and the slanting vacuum evaporation film can be formed also as a substrate.

[0047] Furthermore, optical shift is possible also by forming a grating in waveguide or an adjacent layer. In that case, if a chirp is introduced, more stable shift can be performed. As a waveguide ingredient and/or a change of a buffer clad plate, the non-linear optical material which has the 3rd nonlinear optical effects, such as the secondary nonlinear optical effects, the optical Kerr effects, etc., such as the passive waveguide and electro-optics (EO) effectiveness, can be used. If a non-linear optical material is especially used for the optical shift section, the amount of shift and the existence of shift can be controlled by the electrical and electric equipment and/or light, and the flexibility of an optical circuit will increase. Furthermore, the increment in amount of information can be aimed at by wavelength multiplexing. Change of the waveguide width of face described previously, chirp-izing of a grating, etc. are effective in that case. It is not necessary to say that control of optical shift can be performed also by changing waveguide thickness and buffer layer thickness instead of waveguide width of face.

[0048] The example of the matrix switch which incident light is made into the 1st layer and made the 2nd layer made the guided wave of the output light to drawing 26 reference drawing 26 is shown. Shift of light is controlled by the electrical-potential-difference impression to the non-linear optical material in a cross point, or optical exposure.

[0049] The substrate patternized as shown in 12th example drawing 27, drawing 28, drawing 29 reference drawing 27, and drawing 28 is made to incline in the direction of the y-axis, as shown in drawing 29 $R > 9$, and it is SiO (tilt angle of $\theta = 45$ degrees)². As EB (EB) vacuum evaporation is carried out at 800Å thickness, next it is shown in the 2nd example, the polyazo methine film is vapor-deposited using TPA and PPDA. It is tended to carry out orientation of the direction of a principal chain in the direction of the y-axis (the inclination direction). The direction of a principal chain is freely controllable by the configuration of a pattern, and the inclination of a pattern.

[0050] The light absorption spectrum when making it incline drawing 30 and 45 degrees of refer to drawing 31, and vapor-depositing the polyazo methine film is shown in drawing 30. Compared with the light absorption spectrum (refer to drawing 31) when carrying out perpendicular vacuum evaporation, dichroism is large about 20 times. According to the 2nd description of this invention, it is the optical waveguide which consists of organic polymer film formed on the substrate, and the optical waveguide characterized by for said organic polymer film consisting of polymer film by vapor growth, or becoming considering this as a subject is offered.

[0051] In this invention, as for the polymer film by the above-mentioned vapor growth, being obtained by the vacuum evaporation polymerization is desirable, and consisting of polyimide is still more desirable.

Furthermore, it is good partial fluorination or to all fluorinate this polyimide.

[0052] This invention forms organic or the inorganic thin film patternized on the substrate again, and offers the production approach of optical waveguide including subsequently to this patternizing thin film top carrying out orientation vapor growth of the polyimide film alternatively.

[0053] Hereafter, an example explains above-mentioned this invention concretely.

[0054] Drawing 32 is the explanatory view showing an example of an optical waveguide formation process. It is

SiO₂ as a thin film patterned below. It explains taking the case of the case where the electron beam (EB) vacuum evaporation film made into an evaporation source is used. Drawing 33 is the explanatory view showing the example of the process which forms a waveguide pattern by the slanting vacuum evaporation film of silicon oxide. For example, the silicon oxide thin film which leaned about 45 degrees of substrates in the direction of the y-axis, and formed them in it like drawing 32 is used. The degree of vacuums at the time of vacuum evaporation are 10-6 - 10-4Torr, and substrate temperature is 25 degrees C. And this builds the substrate pattern of 10A - 10 microns of thickness. Si front face, Si thermal oxidation film front face, the quartz front face, etc. may be exposed to parts other than a waveguide pattern, or the front face of thin films of other classes, such as silicon nitride, may be exposed to them. Or in parts other than a waveguide pattern, the perpendicular vacuum evaporation silicon oxide film formed without leaning a substrate may be exposed. Or the silicon oxide film leaned and formed in the direction different from the waveguide pattern section may be exposed. Besides, introduce a pyromellitic anhydride (PMDA) and 4 and 4'-diamino diphenyl ether (DDE) into a vacuum, and they carry out gaseous phase reaction (gas pressure is for example, 10-6Torr - 10-2Torr). when a substrate is made to deposit polyamic acid on the whole surface at the substrate temperature of 50 degrees C, the polyamic acid film which carried out orientation in the direction of the y-axis on silicon oxide grows alternatively, and receives TE light (light which has plane of polarization in field inboard) -- optical waveguide is formed automatically. Furthermore, it will become polyimide waveguide if this is annealed at 220 degrees C for 1 hour. The example of manufacture of the optical waveguide by this process is shown in drawing 34 R> 4 as a mimetic diagram. In this waveguide, the guided wave of 0.63-micron helium-Ne laser (TE light) or near-infrared LD light (TE light) was checked.

[0055] Furthermore, by repeating this process, multilayer waveguide can fabricate easily, can produce waveguide devices, such as a vertical mold directional coupler, and can attain high integration of the optical circuit substrate in an optical interconnection etc. Moreover, it can form with the alternative orientation growth like the above in slab mold optical waveguide, without performing the embedding process according various optical elements, such as a lens, prism, and a grating, to etching like before, or other ingredients.

[0056] Furthermore, the embedding mold optical waveguide in which the core and the clad were formed by the same matter in each buffer layer, the cladding layer, and the waveguide layer by controlling the angle of inclination at the time of the silicon oxide stratification is producible. Moreover, it can connect with optical waveguide and various light corpuscle children (semiconductor laser, photodiode, etc.) and electronic devices (IC etc.) can also be hybridized. For example, after forming a substrate pattern beforehand, a component is installed and, next, the organic film is made to deposit. In this case, alignment actuation of etching of waveguide and after that is unnecessary, and good connection of adhesion with a light corpuscle child or an electronic device is made (refer to Japanese-Patent-Application-No. No. 48961 [four to] specification).

[0057] Although explained above mainly taking the case of the silicon oxide vacuum evaporation film as furring, it is not limited to this. For example, anything can be used if it is the film and ingredient which influence the structure of organic film which grows on them, such as surface adsorption layers, such as organic film, such as other dielectrics, 1, and 10-diamino decane, LB film, and silane coupling material, and polymer film by which rubbing processing was carried out. Moreover, although explained taking the case of the polyimide film by PMDA and DDE, it cannot be overemphasized that it is applicable also to the partial fluorination or all the polyimide ingredients that were fluorinated by other polyimide system ingredients, for example, 6FDA, and PFDB.

[0058] Drawing 35 is the explanatory view showing an example of the optical waveguide formation process by etching. After forming polyimide by the vacuum evaporation polymerization, a resist pattern is made by the photolithography. If it carries out oxygen plasma etching, using this as a mask, a waveguide core part will be obtained. It is good to prepare a cladding layer by spin coating or the vacuum evaporation polymerization beforehand before core formation, and to put a cladding layer by spin coating or the vacuum evaporation polymerization after core formation here. Although it is desirable as an ingredient of a clad to use the polyimide system ingredient of a core and a same system, it is not necessarily limited to it and the refractive index to guided wave light should be just lower than a core part.

[0059] Drawing 36 is the explanatory view showing the example to which orientation of the chain of the polymer of a core was carried out on the occasion of core formation. If the polymer chain is made to carry out orientation in the travelling direction of light, or the direction near it, the absorption loss of a polymer can be

made to fall. This is because absorption becomes weak, when there is the polarization direction in the direction perpendicular to a polymer principal chain.

[0060] Drawing 37 is the explanatory view showing the example to which the orientation of the polymer chain of parts other than a waveguide pattern space was made to carry out in the direction in alignment with waveguide, or the direction near it, and it carried out random orientation in the waveguide pattern section. Thereby, the refractive index in a waveguide pattern becomes large to both the polarization of TM and TE, and waveguide is formed.

[0061] The field which has a different stacking tendency within a substrate can also be made. Thereby, deflection waveguide can be formed. For example, what is necessary is just to perform slanting vacuum evaporation film formation of a substrate to two or more fields, changing the inclination direction of a substrate.

[0062] Moreover, deflection waveguide can be produced easily, without dividing into two or more fields as mentioned above like drawing 38, since a refractive index always becomes high to the TM mode if orientation formation of the polymer of the core section is carried out at a substrate and a perpendicular. On the contrary, deflection waveguide can be produced easily, without dividing into two or more fields as mentioned above, since the refractive index of the core section always becomes high to the TE mode even if it carries out orientation formation of the polymer of parts other than the core section at a substrate and a perpendicular. Furthermore, even if it makes a core into random orientation and makes other parts into level orientation, it always comes to act as waveguide to the TM mode.

[0063] Moreover, the absorption loss in a visible region, 1.3 micrometers, and 1.5-micrometer band can be made to fall by using fluorination polyimide as polyimide in the above. In addition, although polyimide was described above, other ingredients, such as polyazo methine, are useful to this invention similarly. According to the 3rd description of this invention, the gate (G), a source electrode (S), and a drain electrode (D) are provided, it is the thin film transistor which has gate dielectric film and the polymer semi-conductor film, and the thin film transistor characterized by the polymer semi-conductor carrying out orientation in the direction of a source (electrode S)-drain electrode (D) is offered.

[0064] As for a polymer semi-conductor, in the polymer thin film transistor of this invention, it is desirable to carry out orientation in the direction of S-D alternatively between a source electrode and a drain electrode.

[0065] Hereafter, an example explains above-mentioned this invention concretely.

[0066] Drawing 39 is the type section Fig. showing the example of the structure of TFT. In drawing 39, (a) - (d), (i), and (j) show the reverse SUTAGADO structure TFT, and (e) - (h) shows the SUTAGADO structure TFT. (a) is the example which formed the slanting vacuum evaporation film 2 of silicon oxide as gate dielectric film, and produced the polyazo methine film 3 on it. For example, as shown in drawing 40, by vapor-depositing silicon oxide in the condition of having made about 45 degrees of substrates inclining in the direction of the y-axis, gate dielectric film is formed by the thickness of 1000-5000A, subsequently to a it top, a terephthal aldehyde (TPA) and a p phenylenediamine (PPDA) are used as a raw material, vapor growth of the polyazo methine film is carried out by CVD, and it considers as the polymer semi-conductor film. Thus, if a substrate is made to incline along the direction of a current between S-D (y-axis) and the vacuum evaporation film is formed, the conjugation polymer (polymer semi-conductor) film which carried out orientation in the direction of S-D will be obtained. Consequently, the mobility of the direction of S-D improves and good TFT can be formed. The amount of preferred orientation of a polymer is controllable at the tilt angle of a substrate, and it is also possible to adjust the mobility of the direction of S-D and a direction perpendicular to it.

[0067] (b) is the example which formed the slanting vacuum evaporation film 2 of a dielectric with a thickness of 50-2000A like the above on the gate dielectric film 4 which consists of a dielectric, formed the conjugation polymer film 3 on it, and controlled the orientation of a polymer. (c) And (d) is the example which formed S and D in the interface of a polymer semi-conductor and an insulator. In this case, in the field between S-D, a polymer carries out orientation alternatively.

[0068] On a substrate 1, like [after forming the gate] the above, the slanting vacuum evaporation film 2 (for example, SiO₂ film) is formed, and, subsequently the polyimide film 5 (1000-5000A) and the polyazo methine film 3 (100-3000A) are formed one by one with CVD vapor growth in the example shown in (i). Thereby, orientation carries out hysteresis and carries out orientation of polyimide gate dielectric film and the polyazo methine polymer semi-conductor film.

[0069] In (j), similarly, on a substrate 1, the slanting vacuum evaporation film 2 is formed after forming the gate, then the polyimide film 5 (1000-5000A) is formed, and the polyazo methine film 3 (100-3000A) is formed further after forming S and D. Thereby, in the field between S-D, polyazo methine carries out orientation alternatively.

[0070] (e) is the example which formed the slanting vacuum evaporation film 2 on the substrate 1, subsequently formed the polyazo methine film 3 after forming S and D, formed the gate dielectric film 4 which consists of polyimide or silicon nitride next, and formed G on it. On the other hand, (f) forms the slanting vacuum evaporation film 2 on a substrate 1, subsequently to a it top, forms S and D after forming the polyazo methine film 3, forms the gate dielectric film 4 which consists of polyimide or silicon nitride next, and is the example in which G was formed on it. In (e), the selection orientation of a polymer semi-conductor is obtained in the field between S-D, and the orientation of the polymer semi-conductor in the whole surface is obtained in (f).

[0071] (g) And (h) is the example which gave the stacking tendency to the substrate itself, and the substrate which consists of a polymer which carried out the substrate which consists of an extension polymer as a substrate 6, and rubbing processing can be used for it. Or you may be ***** which carried out after [formation] rubbing processing of the polymer film on the glass plate. Or rubbing of this may be carried out after forming a gate polymer insulator layer, and, subsequently the polymer semi-conductor film may be formed.

[0072] In the above-mentioned example, the organic film (rubbing film etc.) which carried out orientation processing instead of the slanting vacuum evaporation film may be used. Moreover, the vacuum evaporation film of conjugation polymers, such as the poly thiophene and polysilane, may be used as polymer semi-conductor film.

[0073] Otherwise as gate dielectric film, for example, polymethylmethacrylate, The polymer film which used a polyvinyl carbazole, a polycarbonate, polystyrene, etc. as the base, The molecule containing two or more radicals chosen from the halogenation radical of two anhydrides (carbonyloxy carbonyl group) of a carboxylic acid, or a carboxylic acid, -NCO radical, or -CHO radical, The polymer film which was made to combine the molecule which has two or more radicals chosen from the radical containing the amino group or one or more amino protons, the alkylamino radical of carbon numbers 1-10, or the silanized amino group, and was produced, The polymer film which was made to combine the molecule which has two or more radicals chosen from a molecule with two or more epoxy groups, the radical containing the amino group or one or more amino protons, the alkylamino radical of carbon numbers 1-10, or the silanized amino group, and was produced, The polysiloxane film etc. can be chosen and used in the large range.

[0074] Moreover, a low-molecular crystal, low-molecular / macromolecule complex, etc. can also be used for the ingredient of gate dielectric film, without being limited to a polymer ingredient. According to the 4th description of this invention, the means for manufacture of the macromolecule three-dimension optical waveguide like the following is offered. The 1st means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide to which the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method is formed in, and orientation of the polar group of a polymer is carried out, forming at least one pair of electrodes on a substrate, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [this].

[0075] The 2nd means forms at least one pair of electrodes on a substrate, and the polymer thin film (4) which contains a polar group using a CVD method is formed. Next, form the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method while impressing an electrical potential difference to inter-electrode [above], and orientation of the polar group is carried out. Next, it is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which forms the polymer thin film (4) which removes the electrical potential difference impressed between the aforementioned electrodes (3), and contains a polar group using a CVD method.

[0076] The 3rd means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide to which the polymer thin film (4) which contains a polar group using a CVD method is formed in, and orientation of the polar group of a polymer is carried out, forming at least one pair of electrodes which have one electrode on a substrate and have the electrode of another side in the substrate upper part, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [this].

[0077] At least one pair of electrodes which the 4th means has one electrode on a substrate, and have the

electrode of another side in the substrate upper part are formed. Form the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, next form the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method while impressing an electrical potential difference to inter-electrode [above], and orientation of the polar group is carried out. Next, it is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which forms the polymer thin film which removes the electrical potential difference impressed to inter-electrode [above], and contains a polar group using a CVD method.

[0078] The 5th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which changes continuously the magnitude of the electrical potential difference impressed to inter-electrode [above], and changes the refractive index of optical waveguide perpendicularly continuously in the 1st, 2nd, 3rd, or 4th means.

[0079] The 6th means forms a buffer layer on the optical waveguide formed using the manufacture approach of the giant-molecule three-dimension optical waveguide of the 1st, 3rd, or 5th means. It is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which repeats and performs the process which forms optical waveguide again on this buffer layer using the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 1st, 3rd, or 5th means, and forms multilayer optical waveguide.

[0080] The 7th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which repeats and performs the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 2nd, 4th, or 5th means, and forms multilayer optical waveguide.

[0081] The 8th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which forms the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, forming two or more counterelectrodes along an optical waveguide formation field on a substrate, and impressing an electrical potential difference to two or more of these counterelectrodes one by one.

[0082] The 9th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which repeats and performs the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 8th means, and forms multilayer optical waveguide.

[0083] The 10th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which forms the polymer thin film which contains a polar group using a CVD method, controlling the electrical potential difference impressed to each of this detailed electrode, and forming [form two or more detailed electrodes on a substrate,] the electric-field pattern of arbitration.

[0084] The 11th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which repeats and performs the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 10th means, and forms multilayer optical waveguide.

[0085] The 12th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which arranges one side of a counterelectrode in the substrate upper part in the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 8th or 10th means.

[0086] The 13th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which repeats and performs the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 12th means, and forms multilayer optical waveguide.

[0087] The 14th means is the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide which changes the magnitude of applied voltage continuously and changes the refractive index of optical waveguide perpendicularly continuously in the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide of the 8th, 9th, 10th, 11th, 12th, or 13th means.

[0088] In recent years, the approach of making carry out the vacuum evaporation polymerization of the polymer raw material using a CVD method, and forming a polymer thin film was developed. There are the following features in this approach.

- (1) Since the film with few impurities is obtained, the functions (insulation etc.) of film original increase.
- (2) Since a solvent is not used at the time of film production, a residual into the film of a solvent molecule can be prevented.
- (3) Since it is a dry process, in a semi-conductor production process, all processes can be carried out in a vacuum.

[0089] As a molecule in which film production by the CVD method is possible by current, although polyimide, a polyamide, polyazo methine, poly urea, etc. have become clear, film production of the epoxy system (single

dimension or three dimensions) polymer by the reaction of a fatty-acid amine and epoxy is also attained.
 [0090] The result of having repeated research on the basis of an idea if the artificers of this invention can form optical waveguide in film production and coincidence using the film production approach of the polymer film by this CVD method, that the purpose of this invention will be attained. When the polymer film which contains a polar group using a CVD method was produced impressing electric field to inter-electrode [which was formed in the substrate], the polar group of the polymer film of the field where electric field are impressed carried out orientation, and the refractive index found out differing from other fields. This invention applies this research result.

[0091] If the polymer film is produced impressing electric field to inter-electrode [which was formed on the substrate], in the vertical direction, light will be shut up by the difference of the mutual refractive index of an air-polymer film-substrate by the difference of the refractive index by the orientation of a polar group in a longitudinal direction again.

[0092] Moreover, when producing the polymer film on the electrode formed on the substrate, the polymer film is formed in the thickness of arbitration without impressing electric field in the beginning. If the polymer film which electric field were impressed [film] on it and carried out orientation of the polar group to the thickness of arbitration is formed, and the polymer film is formed in the thickness of arbitration without impressing electric field on it further, light will be shut up in refractive-index change of a polymer, and perfect embedding mold waveguide will be formed also for the vertical direction and a longitudinal direction.

[0093] In addition, as for ****, a waveguide type light control device is expected single mode waveguide. Four directions are symmetrical with it and what has a moderate refractive-index change of a waveguide part is ideal. However, for a wrap reason, at much embedding mold waveguide, the perfect vertical symmetry does not become by different buffer layer from a substrate about the upper part. If the manufacture approach of this invention is used, four directions can realize structure symmetrical with completeness, and can form ideal waveguide.

[0094] moreover, within waveguide, since waveguide is formed using the orientation of a polar group, since light shuts up, **** is also boiled and the non-linear optics effectiveness is born, using as an optical modulator is possible.

[0095] If the magnitude of the electrical potential difference impressed to inter-electrode is changed further again, since the amount of preferred orientation of a molecule, i.e., change of a refractive index, is controllable, it is very advantageous to a waveguide design. In addition, optical devices various by multilayering can also be formed.

[0096] Hereafter, with reference to a drawing, the manufacture approach of the macromolecule three-dimension optical waveguide concerning the example of above-mentioned this invention is explained.

[0097] Silicon oxide 12 is formed as a buffer layer on the 1st example drawing 41 reference silicon substrate 11, on it, patterning of the aluminum film is formed and carried out to 1000Å thickness, and one pair of aluminum electrodes 13 which counter with spacing of 10 micrometers are formed.

[0098] An aminoethyl aminonitro pyridine (AEANP) and tetramethyl biphenyl epoxy (TMBE) are separately put into the cel of a CVD system, heating evaporation is carried out, and the polymer film 14 is formed on a buffer layer 2 on condition that the following.

[0099] Substrate temperature 32-degree-C gas pressure 2 - 3.5x10-5Torr vacuum evaporation rate 3-5Å [/] s vacuum evaporation time amount 2-hour thickness Electrical potential difference impressed to 2-micrometer inter-electrode 200V (0.2 MV/cm)

Cel temperature AEANP: 70-72 degree C, BE: 100-105 degree-C [0100] Orientation of referring to drawing 42 , consequently the polymer film 14 of the field inserted into the electrode 13 is carried out, and the three-dimension waveguide 15 is formed.

[0101] On the silicon substrate 11 of a 2nd example drawing 43 reference non dope, patterning of the aluminum film is formed and carried out to 1000Å thickness, and one pair of electrodes 13 which counter with spacing of 10 micrometers are formed. Subsequently, the conditions of substrate temperature, gas pressure, a vacuum evaporation rate, and cel temperature are made the same as that of the 1st example, and the polymer film 14 is formed.

[0102] The polymer film 14 is formed in the thickness of 0.5 micrometers for [of the beginning] 30 minutes in that case, without impressing an electrical potential difference to inter-electrode, as shown in this drawing (a).

As shown in this drawing (b), for [of a degree] 60 minutes, the electrical potential difference of 200V (0.2 MV/cm) is impressed, and it forms the polymer film 14 in the thickness of 1.0 micrometers. In the field inserted into the electrode, a molecule carries out orientation of the polymer film 14.

[0103] The polymer film 14 is formed in the thickness of 0.5 micrometers for [of a degree] 30 minutes, without impressing an electrical potential difference again, as shown in this drawing (c). Consequently, as shown in this drawing (d), the embedding mold three-dimension waveguide 15 by which four directions were surrounded by the polymer film 14 is formed.

[0104] The guided wave of a helium-Ne laser beam was examined by the direct coupling to a cleavage plane to said two kinds of waveguides. Consequently, it was checked that a clear guided wave light was observed and three-dimension optical waveguide had been formed on the screen. Moreover, compared with it of the 1st example, the mode number was decreasing remarkably, and, as for the guided wave light of the 2nd example, formation and effectiveness of embedding mold waveguide were checked. Moreover, as a result of measuring the electro-optical effect with a Mach-Zehnder interferometer about the waveguide of the 1st example, 0.1 pm/V was observed as an electro-optic constant r_{11} , and it was checked that this waveguide is available also as an optical modulator.

[0105] In the 1st example of the 3rd example drawing 44 reference, if the electrical potential difference impressed between electrodes 13 during polymer film growth is made to increase from 0 gradually and it is made to decrease to 0 gradually again, the refractive index of waveguide can be distributed, as shown in drawing 44.

[0106] Multilayer waveguide can be formed by repeating and performing the polymer film growth process of the 2nd example of the 4th example drawing 45 reference. The refractive index of the polymer film in this case is distributed as shown in the polymer film growth direction at drawing 45 R > 5.

[0107] Multilayer waveguide can be formed by repeating and performing the polymer film growth process of the 3rd example of the 5th example drawing 46 reference. The refractive index of the polymer film in this case is distributed as shown in the polymer film growth direction at drawing 46 R > 6.

[0108] By changing the configuration of an electrode 13 and performing the process of 6th example drawing 47 and the 1st example of the drawing 48 reference repeatedly, as shown in drawing 47 and drawing 48 (drawing 48 is the side elevation seen from [of drawing 47] arrow-head A.), the multilayer waveguide from which the configuration of the lower layer waveguide 16 and the upper waveguide 17 differs can be formed.

[0109] It replaces with forming the electrode which counters on the 7th example drawing 49 reference substrate, and as shown in drawing 9, even if it arranges the electrode 19 of a substrate top and another side above a substrate 11 for one electrode 18, orientation of the polymer film can be carried out.

[0110] (a) of a drawing 8 example drawing 50 - 54 reference Fig. is a top view, and (b) is a side elevation.

[0111] As shown in drawing 50, one pair of electrodes 13 which counter are divided into plurality along the waveguide formation direction. If the polymer film is grown up moving gradually the electrode which shifts the location of the electrode which impresses an electrical potential difference one by one as shown in drawing 51 (a), drawing 52 (a), drawing 53 (a), and drawing 54 (a), and impresses an electrical potential difference in drawing 52 (a) especially As shown in drawing 51 (b), drawing 52 (b), drawing 53 (b), and drawing 54 (b), the waveguide 15 which curves up on the polymer film which grows on a substrate is formed.

[0112] A directional coupler as shown in drawing 15 can be formed by combining the process of the drawing 55 referring-to-above.

[0113] If the location of the electrode 20 which can form the waveguide of a complicated flat-surface configuration, and impresses an electrical potential difference by growing up the polymer film is gradually moved during polymer film growth, arranging the detailed electrode 20 on the 9th example drawing 56 reference substrate 11, and impressing an electrical potential difference to inter-electrode [of the arbitration which counters], waveguide can be bent upward and can be formed.

[0114] What is necessary is to arrange TFT (thin film transistor) on a substrate, to form a detailed electrode on it as the electrical-potential-difference impression approach to a detailed electrode, to make it synchronize with growth of the polymer film by IC etc., to drive TFT, and just to make it impress an electrical potential difference to inter-electrode [of arbitration].

[0115] The drawing 57 reference this gentleman method can be used, and the thing of a complicated configuration like the compound-die light device shown in drawing 57 can be manufactured.

[0116] You may make it arrange one side of the detailed electrode which counters above a substrate in the 8-9th examples of the 10th example, as shown in the 7th example. In addition, the electrode formed on a substrate in this case may be formed in one when detailed-izing is difficult. According to the 5th description of this invention, at least one pair of electrodes are formed on a substrate, it faces manufacturing the polymer film with a CVD method, impressing an electrical potential difference to inter-electrode [said], the orientation film is beforehand formed on said substrate, and the manufacture approach of an organic non-linear optical material including carrying out orientation of the chain of said polymer film by this, or promoting the orientation of a polar group is offered.

[0117] That is, according to this invention, manufacture of the optical waveguide which has manufacture of the macromolecule three-dimension optical waveguide which can produce the polymer film by the dry process and can moreover realize film production and waveguide-izing of the polymer film at one process, especially refractive-index distribution of arbitration, perfect embedding mold optical waveguide, the optical waveguide which changes to a substrate perpendicularly, and the optical waveguide which consists of such multilayer structure further is possible.

[0118] If the polymer film is produced using a CVD method, impressing electric field to inter-electrode [which was formed in the substrate] as mentioned above about the 4th description of this invention, since a polar molecule will carry out orientation, orientation of the polymer chain which has a polar group is carried out. On the other hand, if the orientation film is formed on the substrate on the occasion of film production of the polymer film by CVD, orientation of the polymer chain will be carried out. A deer is carried out and the substrate with which the orientation film was formed as a substrate is used in this invention on the occasion of manufacture of the polymer film by this electric-field assistance CVD.

[0119] When it is going to manufacture the polymer film in which orientation was carried out by the electric-field assistance CVD, it may be difficult to carry out orientation of the polymer chain by the electric-field assistance CVD, and to obtain optical waveguide in the case where the sense of a polymer chain and the polar sense are not in agreement, the magnitude of molecular polarization is not small, or applied voltage is not applied enough. At this time, if the orientation film is used, a polymer chain can carry out orientation and can form optical waveguide.

[0120] Moreover, by controlling the sense of a polymer chain by the orientation film, the orientation effectiveness of the molecular polarization by impression electric field can be optimized, consequently the nonlinear optics constant of the polymer film can be raised. Furthermore, a polymer nonlinear optics device can be formed at one process by carrying out CVD film production, forming the pattern of passive waveguide and mark-izing electric field to the part with the orientation film.

[0121] According to the approach of this invention, the advantage like a degree is acquired further. That is, in producing the polymer film by the electric-field assistance CVD and manufacturing optical waveguide, the whole optical waveguide has a nonlinear optical effect. However, if the orientation film is beforehand formed only in the predetermined part of a substrate and the polymer film by the electric-field assistance CVD is formed using this substrate at this time, the waveguide which has a nonlinear optical effect only into that part can be obtained. Moreover, when it is going to manufacture a polymer nonlinear optics device by the electric-field assistance CVD, there is un-arranging [that the pattern of the electrode needed for electric-field impression becomes complicated, and manufacture of a device becomes difficult]. However, in this case, by forming the orientation film beforehand on the substrate, an electrode pattern can be simplified and manufacture of such a device is attained.

[0122] Hereafter, an example explains above-mentioned this invention concretely.

[0123] As shown in 1st example drawing 58, the Si wafer 31 is oxidized thermally, and it is SiO₂. The layer 32 was formed and one pair of aluminum electrodes 33 which counter with spacing of 10 micrometers on it were formed. This is leaned 45 degrees, and is arranged and it is SiO₂ by the CVD system. The slanting vacuum evaporation film is formed, and it considers as the orientation film, and, subsequently is SiO₂ on an electrode. Lift off removed the film.

[0124] The electric-field assistance CVD was performed on condition that the following, putting an alt.phthalaldehyde (OPA) and a methoxy phenylenediamine (MPDA) into the cel of a CVD system separately, and carrying out heating evaporation.

[0125] substrate temperature Room temperature gas pressure 1x10⁻³Torr vacuum evaporation rate - 5Å / sec

thickness 1-micrometer applied voltage 20V (Max 0.2 MV/cm)

cel temperature OPA:45-55 degree C and MPDA:60-70 degree C -- again -- SiO2 Except having not formed the orientation film, the electric-field assistance CVD was performed completely like the above, and it compared with the above-mentioned sample. The experiment was altogether conducted using helium-Ne laser.

[0126] Consequently, in with the orientation film, channel waveguide was formed, and the electro-optical effect was $r = 0.1 \text{ pm/V}$. On the other hand, when he had no orientation film, it became the waveguide of a slab mold, and channel waveguide was not formed, but the electro-optical effect was $r = 0.03 \text{ pm/V}$. The above-mentioned result shows that the molecule carried out orientation by existence of the orientation film, and the channel waveguide was formed, and the amount of preferred orientation of a polar part increased, and the electro-optical effect improved.

[0127] Same SiO2 as having used in the 1st example of the 2nd example On the substrate which consists of an Si wafer with a layer, as shown in drawing 59, the Al electrode 34 was formed. Subsequently, it is SiO2 completely like the 1st example. It formed in the configuration of illustration of the slanting vacuum evaporation film 35, and the electric-field assistance CVD was performed, using this as a substrate. The obtained film formed the Mach-Zehnder mold switching device, and when the electrical potential difference of 6.5V was impressed to inter-electrode, outgoing radiation luminous-intensity change was observed. Thus, the polymer nonlinear optics device containing the passive optical waveguide 36 and the nonlinear optical waveguide 37 has formed at one process.

[0128] According to the 6th description of this invention, it consists of optical waveguide of one pair of upper and lower sides formed using the non-linear optical material further, up-and-down optical waveguide makes the sense of polarization the reverse sense mutually, and the optical switch between vertical waveguides which shifts the light between the optical waveguides by electric-field impression is offered.

[0129] Moreover, it consists of optical waveguide of one pair of upper and lower sides formed using the non-linear optical material, and the middle class who up-and-down optical waveguide made [middle class] the sense of polarization equal, and made hard flow carry out polarization weakly between optical waveguides is prepared, and the optical switch between vertical waveguides which shifts the light between the optical waveguides by electric-field impression is offered. Moreover, the optical switch between vertical waveguides which makes the light of said passive waveguide 29 shift to the optical waveguide of vertical arbitration by electric-field impression of passive waveguide to form optical waveguides 27 and 28 using a non-linear optical material up and down, and for up-and-down optical waveguide to make the sense of polarization the reverse sense mutually, and according to one pair of electrodes is offered.

[0130] Moreover, the three-dimension optical circuit controlled by arbitration between the layers in a flat surface in the travelling direction of light is offered including the multilayer waveguide in which this invention was formed using the above-mentioned optical switch between [of at least one] vertical waveguides. The optical switch between vertical waveguides to which light can be made to shift between vertical waveguides, and a three-dimension optical circuit are obtained by taking this configuration.

[0131] Drawing 60 - 62 are the principle explanatory view of the optical switch between vertical waveguides of this invention. What is shown in drawing 60 is that in which the direction of polarization which is parallel up and down and is shown by the arrow head prepared the optical waveguides 41 and 42 of a mutually different non-linear optical material, one pair of electrodes 43, and 43' on the substrate 40, as shown in the (a) Fig., and up-and-down optical waveguide has the refractive index of the same magnitude, as shown in the (b) Fig. And according to the electro-optical effect, if an electrical potential difference is impressed to an electrode 43 and 43' and electric field are applied to optical waveguides 41 and 42, as shown in the (c) Fig., the refractive index of one optical waveguide 41 will become small, and the refractive index of the optical waveguide 22 of another side will become large. As a result, a refractive-index difference becomes large and it stops combining both the optical waveguides 41 and 42 altogether, and an optical path consists of a condition of a Fig., as shown in (b) Fig.

[0132] Moreover, formed the optical waveguides 24 and 25 of a non-linear optical material with the direction of polarization equal on a substrate 20 which is parallel up and down and is shown by the arrow head, one pair of electrodes 23, and 23', what is shown in drawing 61 made hard flow carry out [optical waveguides / 24 and 25] polarization of the interlayer 26 weakly, as shown in this drawing (a), and up-and-down optical waveguides 24 and 25 and an up-and-down interlayer 26 have a refractive index like the (b) Fig. And if an electrical potential

difference is impressed to an electrode 23 and 23' and electric field are applied to optical waveguides 24 and 25 and an interlayer 26, according to the electro-optical effect, as shown in the (c) Fig., the refractive index of optical waveguides 24 and 25 will decrease, and an interlayer's 26 refractive index will become large. As a result, the barrier of potential becomes low, and an optical path consists of a condition of a Fig., as shown in (b) (c) Fig.

[0133] Moreover, what is shown in drawing 62 is what formed the optical waveguides 27 and 28 of the non-linear optical material with which the directions of polarization which are parallel up and down and are shown by the arrow head differ mutually, one pair of electrodes 23 and 23', and the passive waveguide 29 arranged in the middle of optical waveguides 27 and 28 on the substrate 20 as shown in this drawing (a), and the refractive index of the optical waveguides 27 and 28 and the passive waveguide 29 is as shown in the (d) Fig. And when not impressing an electrical potential difference to an electrode 23 and 23', as shown in the (d) Fig., optical waveguides 27 and 28 and the passive waveguide 29 are not combined, but the guided wave of the light is carried out in the inside of the passive waveguide 29.

[0134] Moreover, to an electrode 23 and 23', at the time of forward electrical-potential-difference impression, as shown in the (b) Fig., the refractive index of the upper optical waveguide 27 decreases according to the electro-optical effect, the refractive index of the downward optical waveguide 28 increases, association arises in the optical waveguide 28 of this lower part, and the central passive waveguide 29, and light shifts to the downward optical waveguide 28. Moreover, at the time of reverse voltage impression, as shown in the (c) Fig., the refractive index of the upper optical waveguide 27 increases according to the electro-optical effect, and the refractive index of the downward optical waveguide 28 falls. Association arises in the optical waveguide 27 of this result upper part, and central passive waveguide, and light shifts to the upper optical waveguide 27 from the passive waveguide 29.

[0135] Drawing 63 is drawing showing the 1st example of the optical switch between vertical waveguides of above-mentioned this invention. This example forms the optical waveguides 21 and 22 by which polarization was carried out using a polymer in the direction which it is parallel [direction / on it, vapor-deposits aluminum, forms the pattern of 10 micrometer gap by etching, using thermal oxidation Si as a substrate (not shown), considers as an electrode, and] up and down on it with a CVD method as shown in drawing 6363, and is shown by the arrow head.

[0136] thus -- although it is impossible in the usual polling using the glass transition of a polymer to make the sense of polarization reverse by up-and-down optical waveguide (since the upper and lower sides cannot be polled separately) -- the CVD membrane formation under electric-field impression in this example -- using -- much more -- every -- polarization -- the sense and magnitude were changed and optical waveguide was formed. In the CVD membrane formation under electric-field impression, molecular orientation is performed to polymer-izing and coincidence, and since it is fixed as it is, when forming the upper optical waveguide 21, even if it adds the electric field of the reverse sense, downward polarization is not reversed.

[0137] The molecule used for CVD membrane formation obtained the AEANP/BE polymer of the substrate temperature of 32 degrees C, and the molecular structure mentioned above by CVD in impression electric-field 800V (0.8 MV/cm) using AEANP (2-(2-aminoethyl amino)-5-nitro pyridine) mentioned above as a monomer, and BE (tetramethyl biphenyl epoxy). 1.7 - the electro-optic constant of the refractive index of the obtained polymer were -5 pm/V.

[0138] Thus, in constituted this example, when the cross section of optical waveguides 21 and 22 impressed the electrical potential difference of 10v/micrometer to the electrode at the time of spacing of 0.4 micrometers between 0.6 micrometers in width of face of 10 micrometers, and thickness, and vertical waveguide, shift of the laser beam between vertical waveguides was checked by the principle explained by drawing 60.

[0139] Drawing 64 is drawing showing the 2nd example of the optical switch between vertical waveguides of this invention. The configuration of this example is the same as that of a last example almost, and a different place is having made the direction of polarization of the up-and-down optical waveguides 24 and 25 into this direction, and having polarized the interlayer in the opposite direction weakly and having formed him in it. In this example, when the cross section of optical waveguides 24 and 25 impressed the electrical potential difference of 8v/micrometer to the electrode at the time of 0.6 micrometers in 0.6 micrometers in width of face of 10 micrometers, and thickness, and an interlayer's 26 thickness, shift of the laser beam between up-and-down optical waveguides was accepted by the principle explained by drawing 61.

[0140] Drawing 65 is drawing showing the 3rd example of the optical switch between vertical waveguides of this invention. The place where this example differs from the 1st example is having formed the passive waveguide 29 between the up-and-down optical waveguide 27 and 28. In addition, passive waveguide carried out patterning of the cull scorch night glass (an As-S-Se-germanium system, refractive-index -2.4) with the electron beam, and produced it.

[0141] In this example, switching of the laser beam to the up-and-down optical waveguides 27 and 28 was checked by the principle which the cross section of optical waveguides 27 and 28 and passive waveguide explained to the electrode by drawing 62 at the time of width of face of 10 micrometers, the thickness of 0.6 micrometers, and spacing of 0.4 micrometers between each waveguide **15v [micrometer] when electrical-potential-difference impression was carried out.

[0142] In the 1st of a more than - the 3rd example, polarization compared with the type assembled in this direction, and 80 - 90% of applied voltage showed switching operation. Moreover, as for the alternative switching to up-and-down optical waveguide, it is needless to say like the 3rd example of drawing 65 that it cannot realize by the type by which the direction of polarization gathered in this direction.

[0143] Drawing 66 is the sectional view showing the example of the three-dimension optical circuit of this invention. This example carries out the laminating of the optical waveguide layer 32 which consists of a buffer layer 31 and a polymer of a high refractive index on a substrate 30 by turns, arranges the above-mentioned optical switch 33 of the 1st - the 3rd example in the necessary section, forms multilayer waveguide and arranges IC34 which equipped the upper part with luminescence and a photo detector. In addition, what is necessary is just to form a well-known optical switch conventionally for shift of the light in the same layer.

[0144] According to this example, light can be bent in the direction of arbitration with an optical switch 33 by multilayer waveguide, and it can lead to the target IC terminal (light sensing portion).

[Translation done.]

* NOTICES *

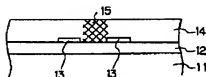
JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

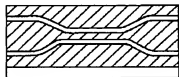
[Drawing 42]

光導波路



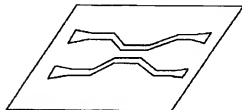
[Drawing 55]

方向性結合器

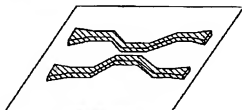


[Drawing 1]

光導波路形成工程説明図



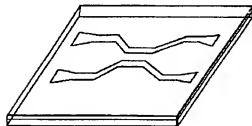
(a) 導波パターン形成



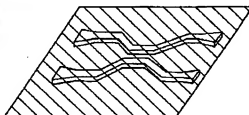
(b) 有機導波路形成

[Drawing 2]

光導波路形成工程説明図



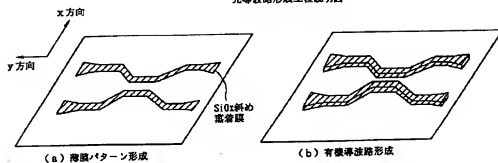
(a) 導波パターン形成



(b) 有機導波路形成

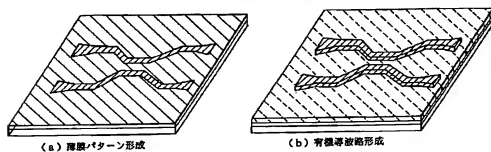
[Drawing 3]

光導波路形成工程説明図



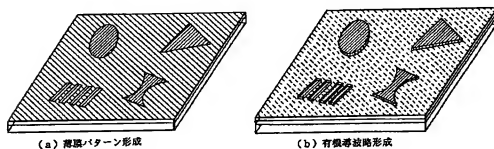
[Drawing 4]

光導波路形成工程説明図

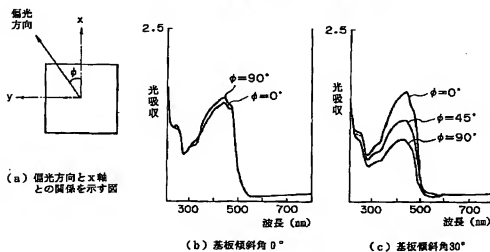


[Drawing 5]

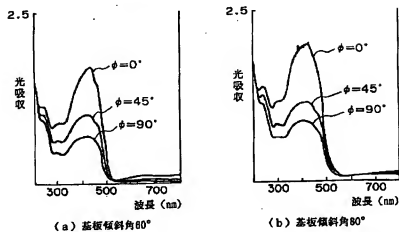
スラブ型導波路内の光学素子形成工程説明図



[Drawing 6]

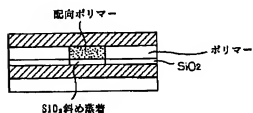
SiO₂ E B 蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性

[Drawing 7]

SiO₂ 上に蒸着膜上のポリアゾメチン膜の2色性

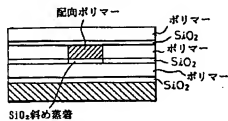
[Drawing 23]

光移行の説明図

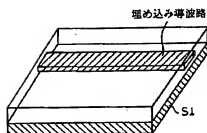


[Drawing 8]

埋め込み型チャネル導波路



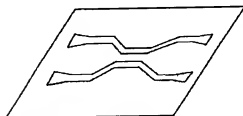
(a) 断面図



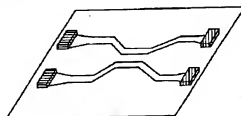
(b) 斜視図

[Drawing 9]

光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図



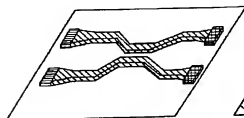
(a) 薄膜パターン形成



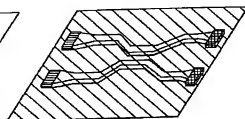
(b) 素子接着

[Drawing 10]

光・電子素子と光導波路とのハイブリッド形成工程説明図

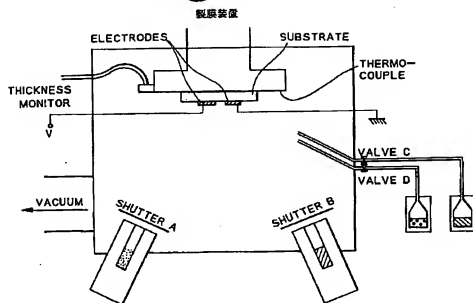


(a) 有機導波路形成



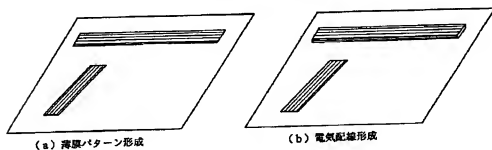
(b) 有機導波路形成

[Drawing 12]



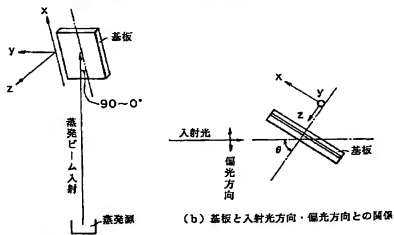
[Drawing 11]

電気配線形成工程説明図



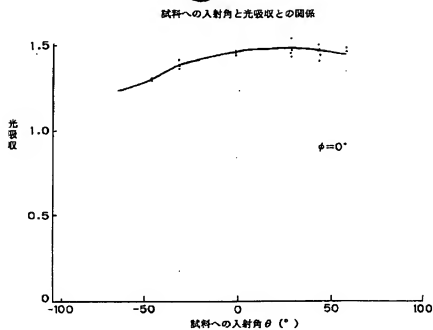
[Drawing 13]

基板と蒸発ビーム入射方向・偏光方向・入射光方向との関係



(a) 基板と蒸発ビーム入射方向との関係

[Drawing 15]



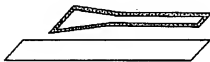
[Drawing 24]

光移行の例

(a)



(b)



(c)

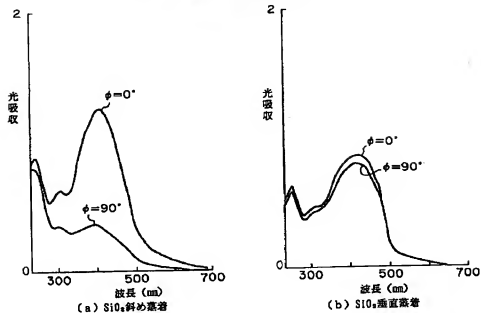


第1層の導波路

第2層の導波路

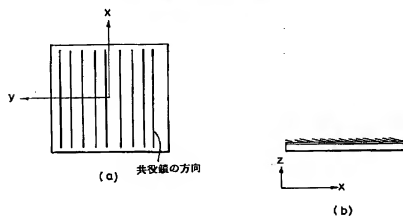
[Drawing 14]

ポリアゾメチン薄膜の光吸収の偏光依存性



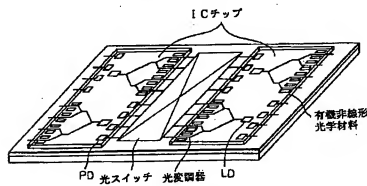
[Drawing 16]

ポリマー鎖の配向方向を示す模式図



[Drawing 17]

従来の光インターコネクション



[Drawing 25]

光移行の例

(a)



(b)



(c)



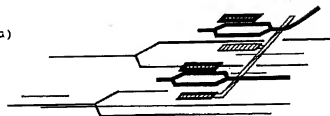
第1層の導波路

第2層の導波路

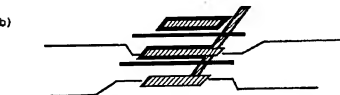
[Drawing 18]

多層光回路の概念図

(a)



(b)



第1層の導波路

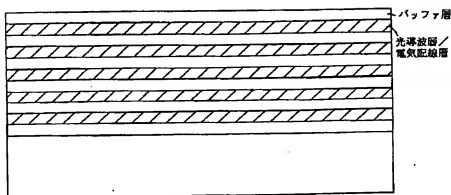
第2層の導波路

第3層の導波路

電極

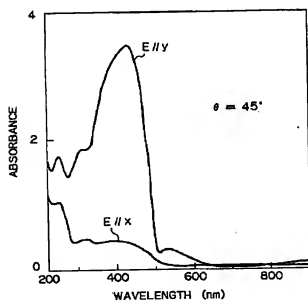
[Drawing 19]

多層光回路の断面図



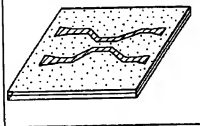
[Drawing 30]

ポリマーの光吸収スペクトル

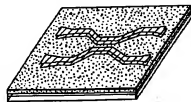


[Drawing 34]

(1) 薄膜パターン形成

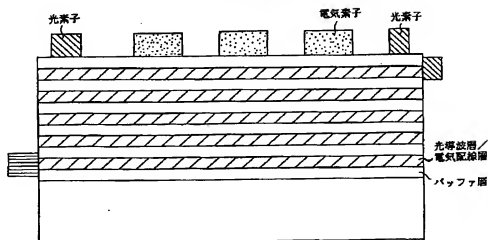


(2) 有源導波路形成



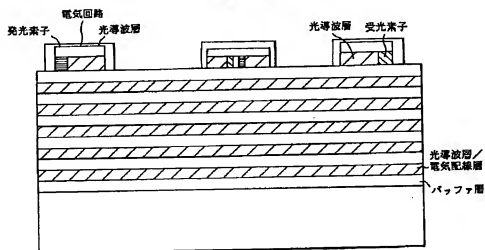
[Drawing 20]

多層光回路の断面図



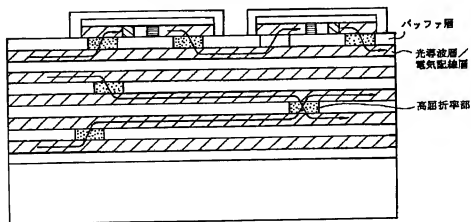
[Drawing 21]

多層光回路の断面図



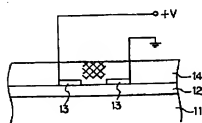
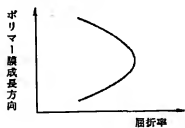
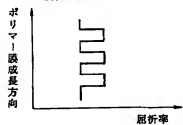
[Drawing 22]

多層光回路の断面図

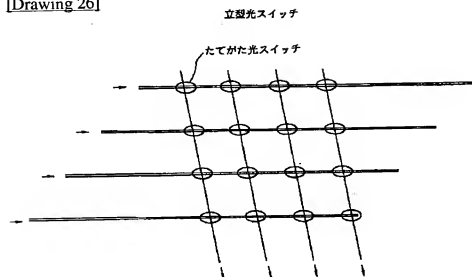


[Drawing 41]

工程説明図

[Drawing 44]
屈折率分布[Drawing 45]
屈折率分布

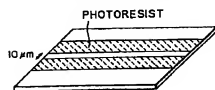
[Drawing 26]



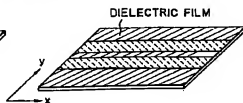
[Drawing 27]

ポリマー膜の製造工程図

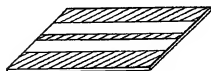
(a) RESIST PATTERN FORMATION



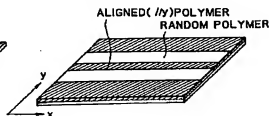
(b) DIELECTRIC FILM DEPOSITION



(c) LIFT-OFF

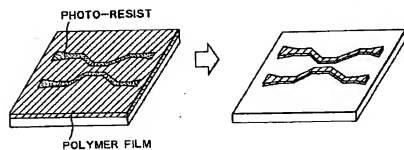


(d) POLYMER FILM DEPOSITION



[Drawing 35]

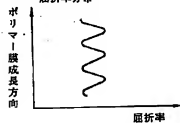
(1) RIE ETCHING



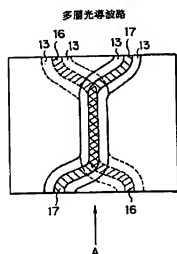
(2) 導線路形成

[Drawing 46]

屈折率分布

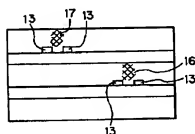


[Drawing 47]



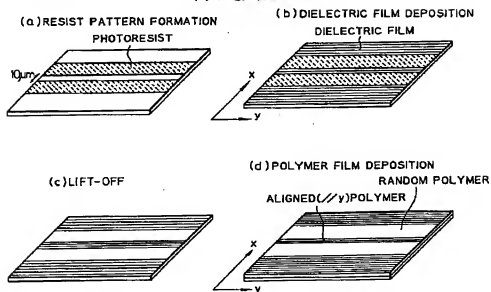
[Drawing 48]

図47の矢印A方向から見た側面図



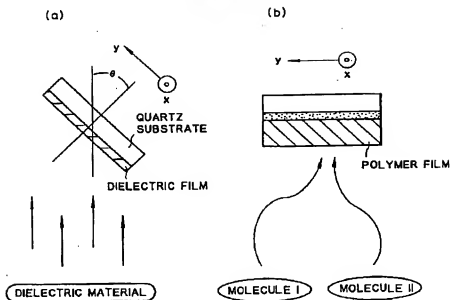
[Drawing 28]

ポリマー膜の製造工程図



[Drawing 29]

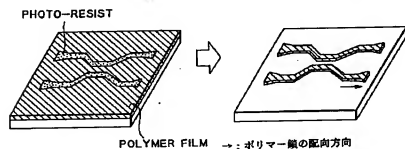
製膜プロセス



[Drawing 36]

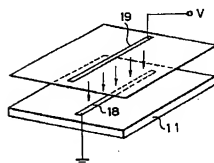
(1) RIE ETCHING

(2) 導波路形成



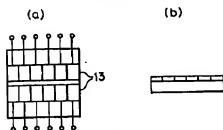
[Drawing 49]

電極の極の配列を示す図。



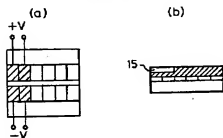
[Drawing 50]

工程説明図



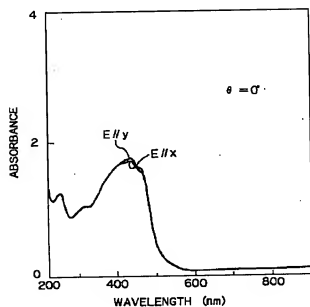
[Drawing 51]

工程説明図

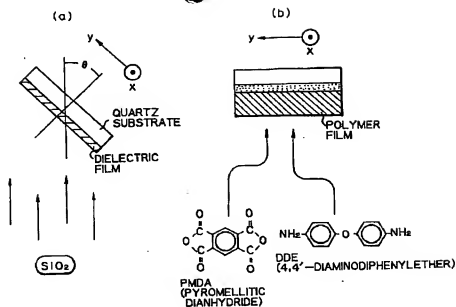


[Drawing 31]

ポリマーの光吸収スペクトル

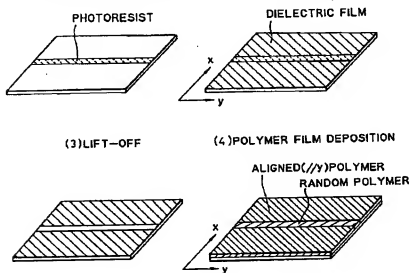


[Drawing 32]



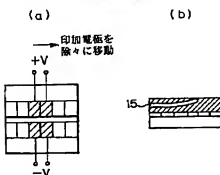
[Drawing 37]

(1) RESIST PATTERN FORMATION (2) DIELECTRIC FILM DEPOSITION

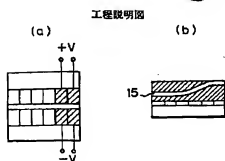


[Drawing 52]

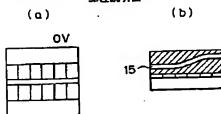
工程説明図



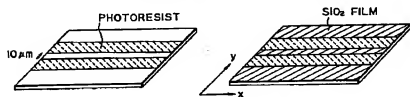
[Drawing 53]



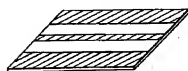
[Drawing 54]
工程説明図



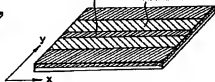
[Drawing 33]
(1) RESIST PATTERN FORMATION (2) SiO_2 DEPOSITION (800Å)



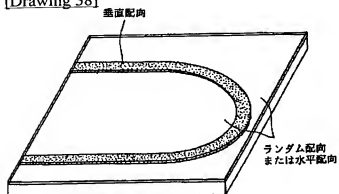
(3) LIFT-OFF



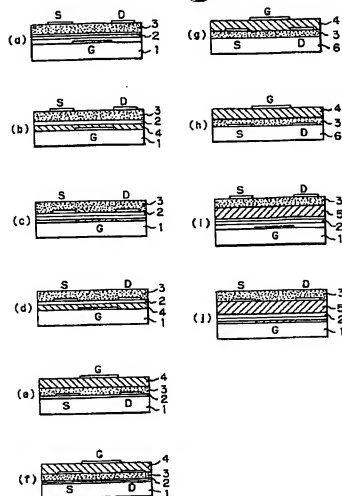
(4) POLYMER FILM DEPOSITION (1600Å)
ALIGNED (//y) POLYMER
RANDOM POLYMER



[Drawing 38]

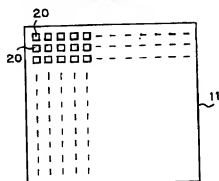


[Drawing 39]



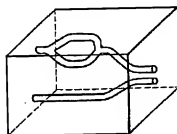
[Drawing 56]

工程説明図

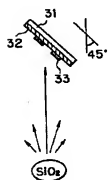


[Drawing 57]

複合面光デバイス

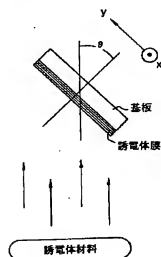


[Drawing 58]

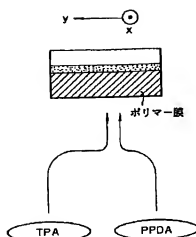


[Drawing 40]

(a)

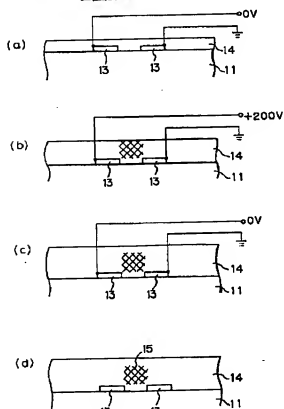


(b)

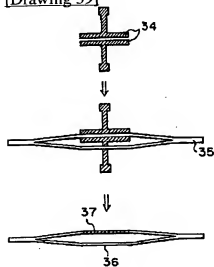


[Drawing 43]

工程説明図

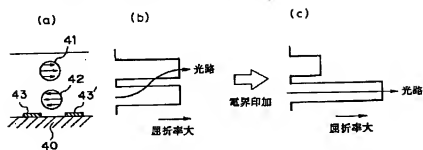


[Drawing 59]



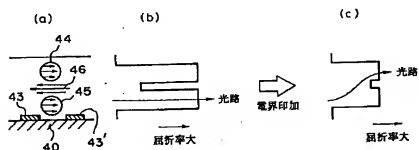
[Drawing 60]

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図



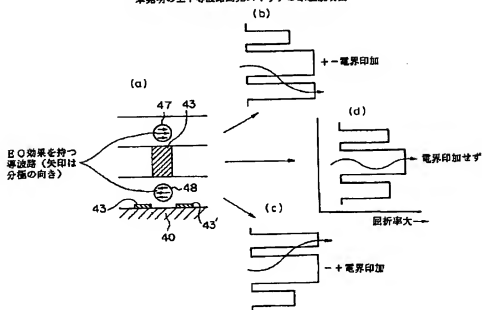
[Drawing 61]

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図



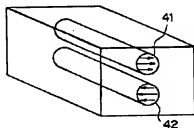
[Drawing 62]

本発明の上下導波路間光スイッチの原理説明図



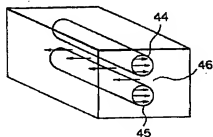
[Drawing 63]

本発明の上下導波路間光スイッチの第1の実施例を示す図



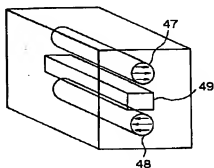
[Drawing 64]

本発明の上下導波路間光スイッチの第2の実施例を示す図



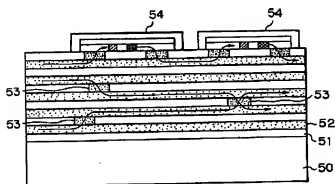
[Drawing 65]

本発明の上下導波路間光スイッチの第3の実施例を示す図



[Drawing 66]

本発明の3次元光回路の実施例を示す断面図



[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.